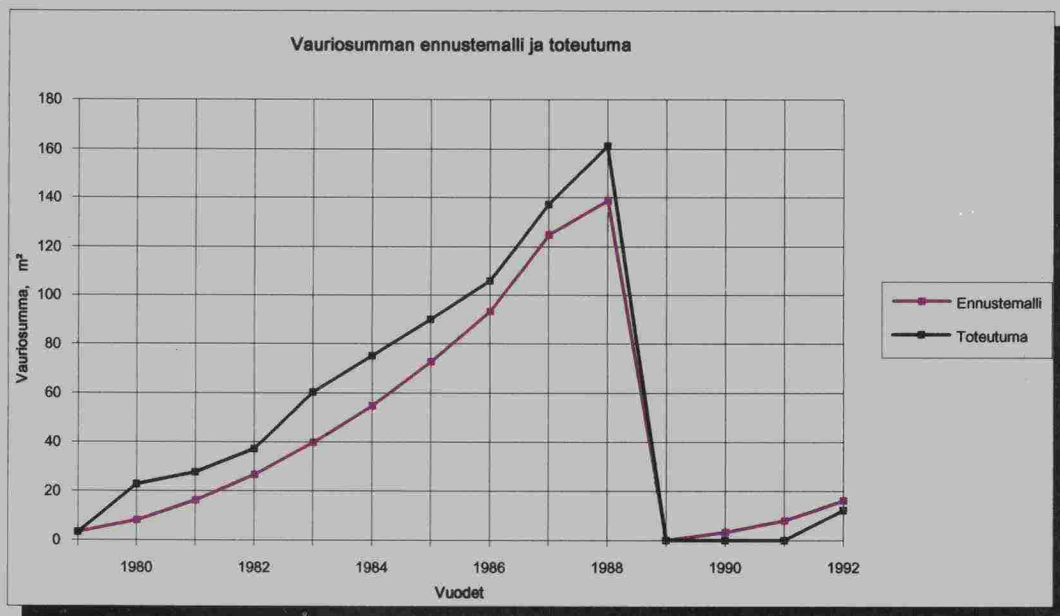


Tielaitos

Timo Kurki

Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus

Mittaukset ja havainnot 1991 - 1992



Tielaitoksen
selvityksiä

19/1993

Helsinki 1993

Geokeskus

Tielaitoksen selvityksiä
19/1993

Timo Kurki

**Teiden kuntoa ja palvelutasoa
koskeva seurantatutkimus**

Mittaukset ja havainnot 1991 - 1992

**Tielaitos
Geokeskus**

Helsinki 1993

ISSN 0788-3722
ISBN 951-47-6991-0
TIEL 3200145
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1993

Julkaisua myy:
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotemyynti
Telefax (90) 1487 2698

Tielaitos
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721

KURKI Timo: Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus. Mittaukset ja havainnot 1991 - 1992.

Helsinki 1993, Tielaitos, Geokeskus. Tielaitoksen selvityksiä 19/1993, 29 s. + liitt. 87 s, ISBN 951-47-6991-0, ISSN 0788-3722, TIEL 3200145

Avainsanat havaintotie, vauriosumma, vaurioennuste

Tiivistelmä

Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskevaa tutkimusta varten perustettiin vuonna 1979 ns. havaintotieverkosto. Verkostoon valittiin asfalttibetoni-, öljysora- ja sorateita kuudesta TIEL:n piiristä. Vuodesta 1983 alkaen tutkimuksessa on pelkästään asfalttibetoni- ja öljysorateita. Havaintoteitä on tällä hetkellä seurannassa yhteensä 45 kpl, joista AB-teitä on 29 kpl ja ÖS-teitä 16 kpl.

Vuosina 1991 ja 1992 tehtiin vuosittaisen vaurioinventoinnin lisäksi kantavuus- ja kerrospaksuusmittaukset. Tässä raportissa on esitetty yhteenveto vaurioitumisesta projektin alusta alkaen ja kehitetty kestoikämallia.

Kantavuusarvo selitti suurimman osan vaurioitumisnopeudesta. Kantavuuden ja tavoitekantavuuden suhteella ei näyttänyt olevan suurta merkitystä tällä aineistolla. Tämä johtuu siitä, että tavoitekantavuuteen perustuva suunnittelu sallii suuremmat vauriomäärät vähäliikenteisillä teillä. AB-teillä kantavuuden pitäisi olla luokkaa 400 MPa ja ÖS-teillä miltei 200 MPa, jotta vaurioituminen olisi kohtuullisen hidasta.

Mallintaminen suoritettiin selittämällä vaurioitumisen kulmakerrointa (vauriosumma/ikäⁿ), kun aikaisemmin selitettiin suoraan vauriosummaa. Iän potenssina (n) käytettiin AB-teillä 1.6 ja ÖS-teillä 1.8. Asfalttibetoniteille kehitettiin malli, jossa selittäjinä ovat kantavuus, ajoradan leveys ja ilmastollinen selittäjä. Öljysorateiden malliin selittäjiksi tulivat kantavuus, pakkassumma ja rakennekerroksien paksuus. Mallien korrelaatiokertoimet edellisiin malleihin (1988) kasvoivat AB-teillä 0.82:sta 0.90:een ja ÖS-teillä 0.56:sta 0.75:een.

Aineiston käsittelyssä kokeiltiin myös elinaikamalli-menetelmää. Siinä ennustetaan sitä ikää, jolloin tie on esim. 50%:n varmuudella vaurioitunut tiettyyn vauriotasoon asti. Selittäviksi muuttujiksi saatiin kantavuus, kuormituskertaluku, säävyöhyke ja ajoradan leveys. Aineiston käsittelyä vaikeutti ja käytettävissä olevaa aineistoa vähensi se, että vaurioinventointia ei suoritettu vuosina 1984 - 1985. Tällä hetkellä ajallisesti katkeamatonta aineistoa ei ole vielä tarpeeksi, jotta saataisiin tarpeeksi luotettavia malleja elinaikamenetelmällä.

Alkusanat

Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus aloitettiin 1979, jolloin tarkoitusta varten perustettiin havaintotieverkosto. Siihen valittiin asfalttibetoni-, öljysorateita ja sorateita kuudesta eri piiristä. Havaintoteitä on seurannassa yhteensä 45 kpl joista AB-teitä 29 ja ÖS-teitä 16 kpl. Havaintokoeteihin kuuluneiden sorateiden seuranta on lopetettu.

Havaintotieverkostolla tehtiin vaurioinventointi jokaisella tiellä vuosina 1979 - 1983. Tämän jälkeen pidettiin vuosina 1984 ja 1985 ns. välivuosia, jolloin inventointiin ainoastaan sellaisten päällystettyjen havaintoteiden kunto, joille tehtiin kyseisinä vuosina parantamistoimenpide. Vuosina 1986 - 1992 on koeteillä tehty vaurioinventointi AB- ja ÖS-teiltä. Havaintoteistä aikaisemmin tehdyt raportit ovat lueteltu sivulla 26.

Vuosina 1991 - 1992 havaintoteillä suoritettiin vaurioinventoinnin lisäksi kantavuusmittaukset ja selvitettiin rakennekerrosten paksuudet. Näiden tietojen perusteella pyrittiin kehittämään vaurioitumisennustemallia.

Tutkimus on tehty Tielaitoksen tilaamana ja rahoituksella. Tutkimusta on valvonut TIEL:n geokeskuksesta ylitarkastaja Reijo Orama. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratoriossa tutkimusraportin on laatinut dipl. ins. Timo Kurki.

Sisältö

1	TEHDYT MITTAUKSET JA HAVAINNOT	7
	1.1 Vaurioinventointi	7
	1.2 Kantavuusmittaukset	7
	1.3 Rakennekerrosten selvittäminen	8
2	TULOKSET	9
3	VAURIOSUMMAN MALLINTAMINEN	10
	3.1 Yleistä	10
	3.2 AB-tiet	13
	3.3 Öljysoratiet	19
	3.4 Tulosten yhteenveto	24
	3.5 Elinaikamallinnus	25
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	27
5	KIRJALLISUUSLUETTELO	28
6	LIITTEET	29

1 TEHDYT MITTAUKSET JA HAVAINNOT

1.1 Vaurioinventointi

Havaintoteiden päällysteessä esiintyvien vaurioiden määrät inventoidaan 100 metrin välein yksityiskohtaisesti liitteen 1 mukaisen lomakkeen avulla.

Inventoitavat vauriotyypit ovat:

- poikkihalkeamat
- pituushalkeamat
- vinohalkeamat
- routahalkeamat
- paikkaukset
- reiät, purkautumat
- muut vauriot

Poikkihalkeamat arvioidaan kolmella eri tavalla riippuen siitä, onko kysymyksessä ajoradan vai ajokaistan poikki ulottuvia halkeamia.

Pituushalkeamista tarkastettiin niiden sijainti kaistalla (keskiosassa tai keskisaumassa).

Lisäksi halkeamavaurioista arvioitiin halkeaman leveyden perusteella vaurioitumisaste. Niitä oli kolme eri luokkaa pienen vaurioasteen tarkoittaessa mikrohalkeamia, keskisuuren alle 10 mm:n halkeamia ja suuren yli 10 mm:n halkeamia. Vaurioiden sijainti määritettiin kuuluvaksi ajouraan, pientareelle tai ajourien väliin jäävälle alueelle.

1.2 Kantavuusmittaukset

Tien rakenteellisia ja materiaaliominaisuuksia sekä sen kuntoa kuvaa siihen kohdistuvasta kuormasta aiheutava taipuma. Taipuman mittaamiseen käytetään pudotuspainolaitetta, joka on ainetta rikkomaton koestusmenetelmä. Laite on Dynatest 8000-merkkinen ja sillä mitataan päällysteen taipuma seitsemään pisteeseen sijoitetuilla geofoneilla tietyillä etäisyyksillä kuormituslevystä. Taipumasuppilon muodon perusteella arvioidaan tien rakennekerrosten ominaisuuksia, lähinnä kantavuutta.

Koska mittaukset tehtiin yhdessä SHRP-mittausten kanssa, käytiin samoja antureiden etäisyyksiä kuormituslevystä. Etäisyydet olivat 0, 200, 300, 450, 600, 900 ja 1500 mm.

Mittauksissa käytetään yhtä pudotuskorkeutta ($h_3 = n. 200 \text{ mm}$), jota vastaava levyyn kohdistuva voima on n. 50 kN, eli vastaava kuorma-autojen 10 tonnin akselipainoa (5 tonnin pyöräpaino). Mittauksessa tehdään kaksi kolmen pudotuksen sarjaa ja maksimitaipuma kunkin anturin kohdalla tallennetaan, paitsi ensimmäisen rakenteen tiivistämiseksi tehtävän kolmen pudotuksen sarjan osalta.

Havaintoteiden pituus on 2 - 3 km. Mittaukset tehtiin oikeanpuoleisen pyöräuran kohdalta 50 metrin välein alkaen 25 m havaintotien alusta, seuraava 75 m, 125 m, jne. Lisäksi koetieltä valittiin kaksi 100 m pituista homogeenista osuutta, jolla mittaukset tehtiin 10 m välein sekä samojen 100 m osuuden keskeltä (50 m) SHRP-mittaus (4 pudotuskorkeutta) yhdessä pisteessä. Pudotuspainolaitteessa on infrapunalämpömittari, joka mittaa asfaltin pintalämpötilan, mikä ei kuitenkaan anna tietoa koko asfalttikerroksen lämpötilajakaumasta. Tämän vuoksi havaintotieltä valittiin sen lämpötilaoloja (aurionpaiste/varjo) edustava piste (tarvittaessa kaksi), johon porattiin yksi reikä noin asfalttikerroksen puoliväliin, josta asfaltin lämpötila mitattiin. Reikään kaadettiin parin sentin kerros mineraaliöljyä, jotta saatiin mitatuksi lämpötila juuri tietyllä syvyydellä. Lämpötilahavainnot kirjattiin erilliselle lomakkeelle. Tien kunto jaettiin asfaltin halkeilun perusteella kolmeen eri kategoriaan:

0=ei halkeilua, 1=jonkin verran halkeilua ja 2=runsaasti halkeilua.

Kantavuusarvon lisäksi laskettiin taipumasuppilon arvoista seuraavat tunnusluvut:

$$S \text{ (Spreadability)} = \frac{[(D_0 + D_1 + D_2 + D_3 + D_4) / 5] 100}{D_0}$$

$$A \text{ (Area)} = 6[1 + 2(D_1/D_0) + 2(D_2/D_0) + D_3/D_0]$$

$$SCI \text{ (Surface curvature index)} = D_0 - D_r \text{ (} r=200 \text{ mm)}$$

$$BCI \text{ (Base curvature index)} = D_{90} - D_{120}$$

1.3 Rakennekerrosten selvittäminen

Koetiet kaivettiin auki tien reunasta. Tällöin mitattiin rakennekerrosten paksuudet ja otettiin näytteet kerroksittain. Lisäksi tieltä porattiin päällystenäytteet. Liitteessä 2 on esitetty graafisesti tiedot kerrospaksuuksista.

2 TULOKSET

Teiden vaurioitumisastetta kuvataan vauriosummamuuttujan avulla. Vauriosumman yksikkönä on $\text{m}^2/100 \text{ m}$, ja se saadaan laskemalla tiellä esiintyneet vauriomäärät painottamalla yhteen ja redusoidulla saatu tulos ajoradan vakioleveydelle, joksi on valittu 7,0 m. Vaurioitunut pinta-ala lasketaan vaurion pituuden ja keskimääräisen leveyden tulona. Viivahalkeaman leveydeksi on laskelmissa valittu 1 m. Erilaisten vaurioiden suhteellinen haitta tierakenteen kestoiän kannalta on otettu huomioon painotuskertoimella, jonka suuruudeksi on valittu 0,1 - 2,0 seuraavasti:

Vauriotyyppi	Haittakerroin
Poikkihalkeama	0,1
Pituushalkeama	0,5
Keskisaumahalkeama	0,1
Muut (vinot ym.) halkeamat	0,5
Verkkohalkeamat	1,0
Reiät ja purkautumat	2,0
Paikkaus	1,0

Kunkin havaintotien keskimääräinen vauriosumma on laskettu jakamalla tiellä esiintyvien vaurioiden yhteismäärän perusteella laskettu vauriosumma tien pituudella sataa metriä kohden.

Vaurioinventointitulokset 1979 - 92 on esitetty liitteessä 3. Kunkin tien osalta on ilmoitettu poikkihalkeamien (kpl), pituus-, sauma- ja muiden halkeamien (m), verkkohalkeamien (m^2), paikkauksien (m^2) sekä reikien ja purkautumien (m^2) määrät. Näiden perusteella on laskettu vauriosumman arvo ($\text{m}^2/100 \text{ m}$) edellä esitettyjä painotuskertoimia hyväksikäyttäen.

Kantavuusmittaustiedot, niistä lasketut tunnusluvut, kerrospaksuudet ja tierekisterin tiedot ovat esitetty liitteessä 4.

3 VAURIOSUMMAN MALLINTAMINEN

3.1 Yleistä

Lineaariset mallit soveltuvat huonosti kuvaamaan ilmiötä, joten vauriomallin muodoksi valittiin kaavan 1 mallin mukaan. Malli perustuu VTT:n 1985 tekemään malliin, jota on hieman korjattu /4, 9/. Iän potenssi antaa vaurioitumiskehitykselle mallissa sopivan kaarevan muodon.

Toteutettavan mallin muoto:

$$VS = a \cdot IKÄ^n$$

$$a = VS / ikä^n$$

missä:

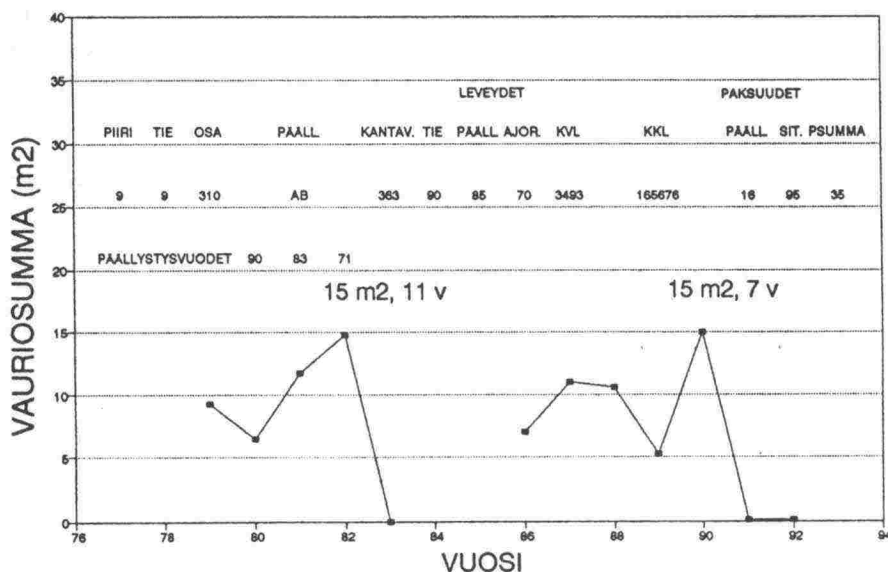
$n = 1.6$ kestopäällysteteillä ja

1.8 kevytpäällysteteillä

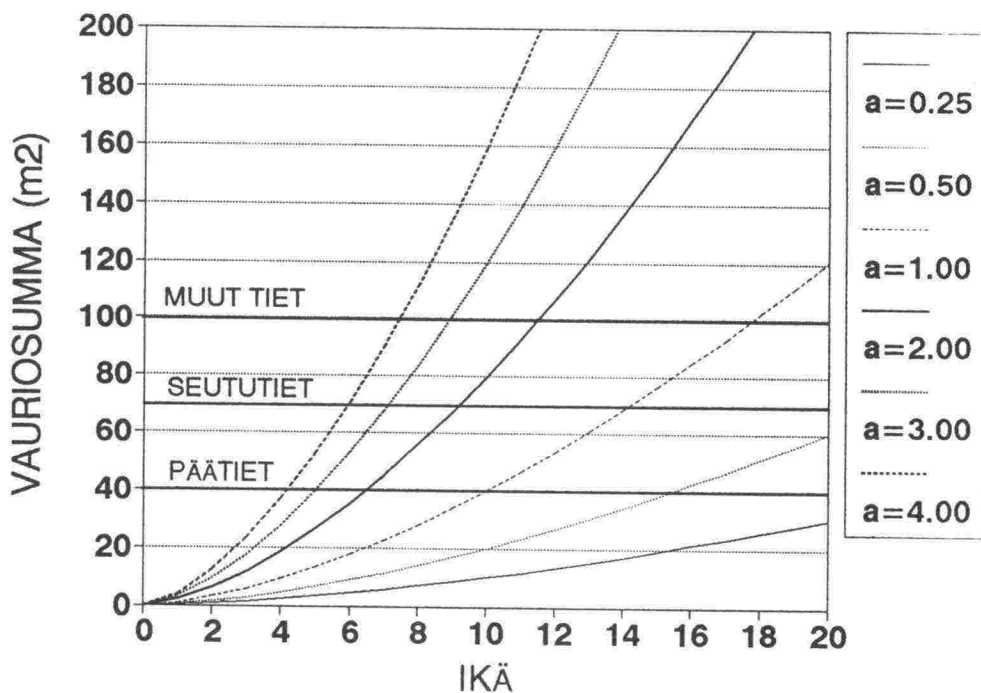
$IKÄ$ = ennustevuoden ja päällystämismuodon erotus vuosissa

$ikä$ = mittausvuoden ja päällystämismuodon erotus vuosissa

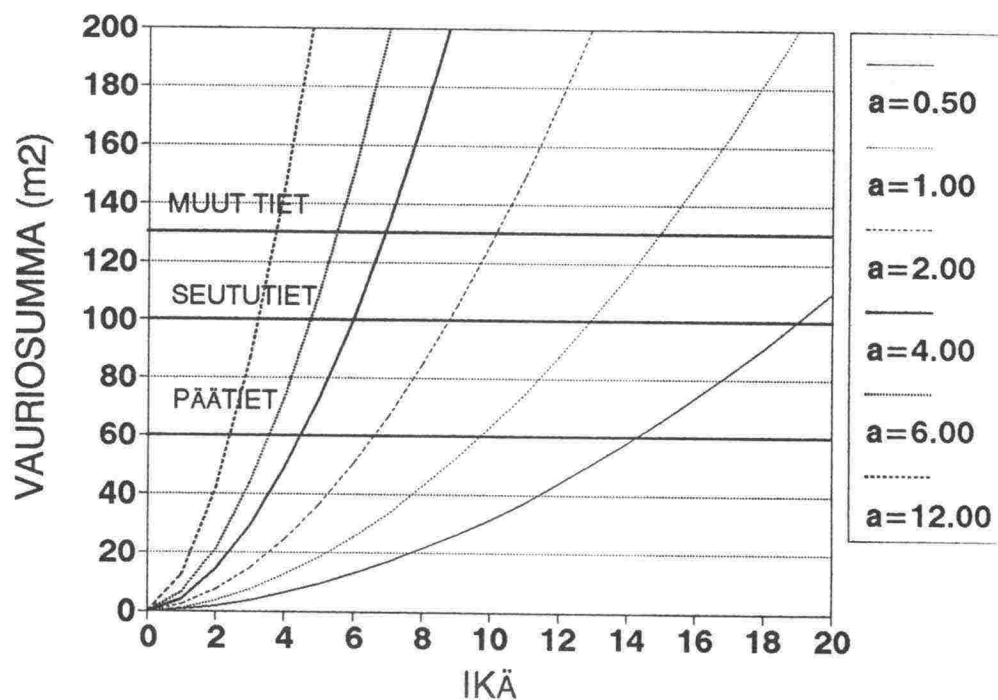
Kulmakertoimen (a) arvo määritettiin vauriosummakuvista (kuva 1) arvioimalla kustakin tiestä 1 tai 2 ajanjaksoa (vauriosumma ja sitä vastaava päällysteen ikä). Viimeisin arvo ei välttämättä perustu päällystämismuotoon, vaan siihen asti kertyneisiin vaurioihin. Näistä laskettiin keskiarvo, jota jäljempänä mallinnetaan. Kuvissa 2 ja 3 on esitetty eri kulmakertoimilla vauriokehitys ja Päällysteiden kunnostuskriteerit julkaisun /8/ mukaiset kunnostustoimenpiteiden raja-arvot.



Kuva 1. Vaurioitumiskertoimen (a) laskeminen.



Kuva 2. AB-teiden vauriosumman kehittyminen eri a :n arvoilla.

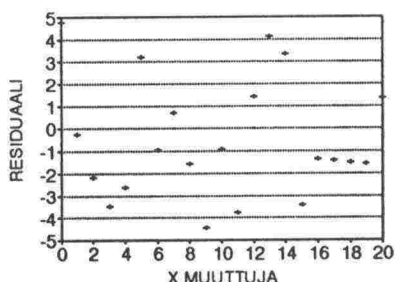


Kuva 3. ÖS-teiden vauriosumman kehittyminen eri a :n arvoilla.

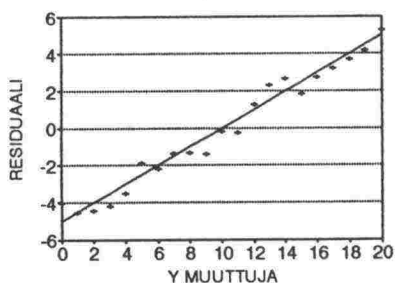
Mallintaminen suoritettiin kahdessa osassa. Ensin tutkittiin SPSS-tilasto-ohjelmalla parhaita muuttujia. Sen jälkeen suoritettiin mallintaminen graafisesti. Tilastollisesti ja graafisesti käsiteltyjen muuttujien kertoimet ovat hie-

man erilaisia. Jos korrelaatio on huono, tilastollisesti käsiteltynä muuttujien kertoimet lähenevät kohti nollaa. Graafisesti käsiteltynä saadaan suurempia kertoimia kuin tilastollisesti käsiteltynä, koska siinä voidaan käyttää "tervettä järkeä".

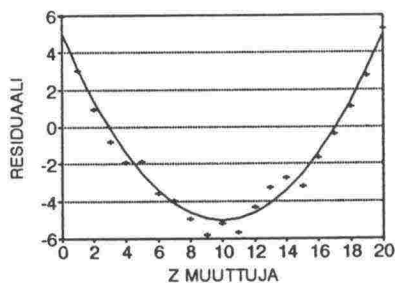
Graafisesti mallintaminen kulkee seuraavasti. Aloitetaan hyvästä ja järkevästä selittäjästä ja tehdään sen avulla malli. Kun mallin ennuste vähennetään toteutuneesta tuloksesta, saadaan residuaali (erotus). Kun residuaalia verrataan muihin mahdollisiin muuttujiin, niin havaitaan, onko jollain muuttujalla on korrelaatiota residuaaliin. Tärkeää on myös korrelaation muoto eli pitääkö muuttujaa muuntaa (potenssi, logaritmi jne). Lopullisen mallin residuaalien ei enää pitäisi korreloida mallissa olevien muuttujien kanssa. Kun residuaalin ja muuttujan yhteys muutetaan matemaattiseen muotoon, saadaan malliin uusi muuttuja. Tässä kohdassa graafinen käsittely voi antaa erilaisia tuloksia verrattuna tilastolliseen käsittelyyn, koska matemaattisen yhteyden voi arvioida kuvasta jättämällä joitain pisteitä huomioimatta, jos siihen on hyvät perusteet.



X-muuttuja:
ei korrelaatiota



Y-muuttuja:
lineaarinen yhteys



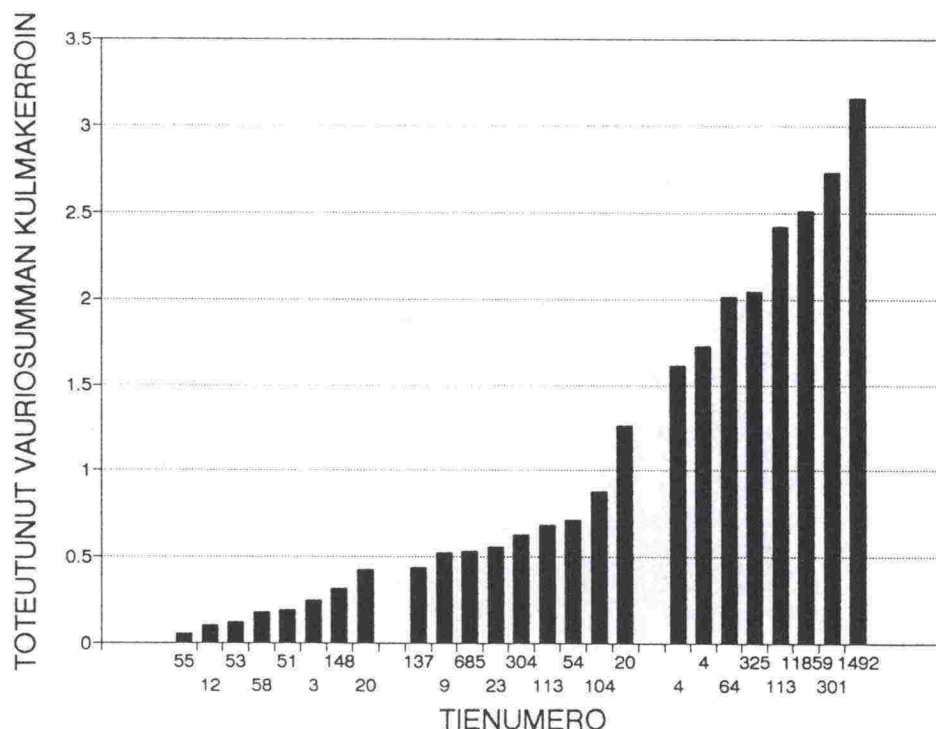
Z-muuttuja:
muuttujaa pitää modifioida

Kuva 4. Residuaalien ja muuttujien välinen yhteys.

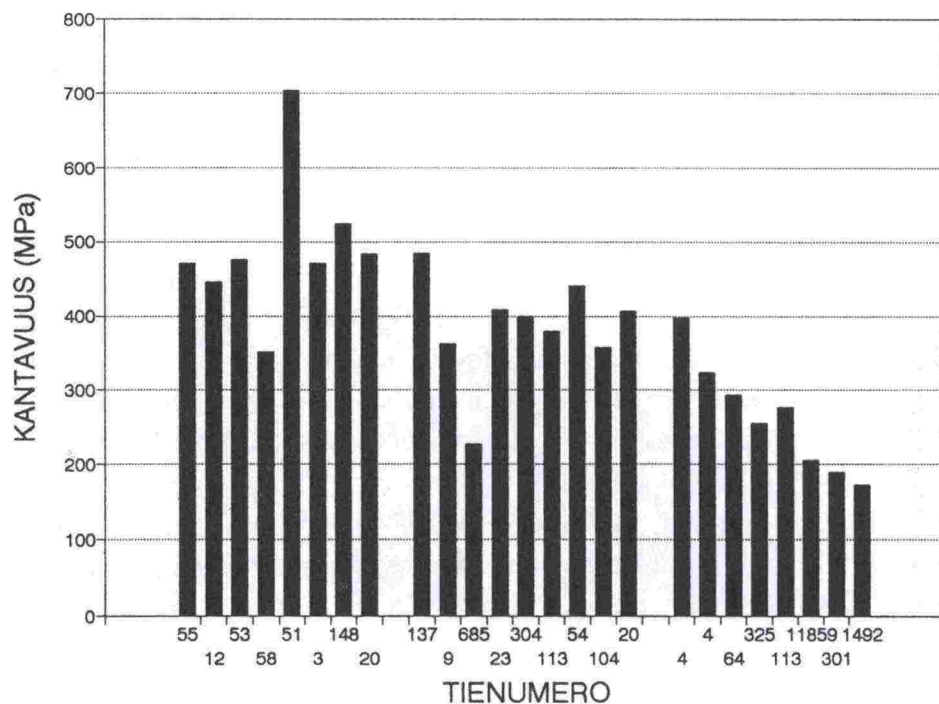
3.2 AB-tiet

AB-teitä on tutkimuksessa 27, joista 24:ssä tapauksessa voitiin laskea kulmakertoimen arvo a . Kolme tietä on vasta otettu mukaan tutkimukseen ja niillä ei ole päällystysajankohdan läheisyyden takia vielä ilmennyt vaurioita. Vaurioiden määrä oli yleisesti ottaen pieni suurella osalla koeteistä. Suomessa ei rakenteellisia vaurioita ehdi syntyä vilkasliikenteisillä teillä, ennen kuin tiet päällystetään uraisuuden (kulumisen ja deformaation) takia. Vain 7:llä tiellä 24:stä on vauriosumman arvo ylittynyt jonakin vuonna vuosien 1979 - 92 aikana kunnostustoimenpiteiden mukaisen raja-arvon $40 \text{ m}^2/100 \text{ m}$ (päätiät). Kuvassa 5 on esitetty kulmakertoimen (a) arvot eri teillä. Ne ovat ryhmitelty kolmeen osaan siten, että kussakin ryhmässä on 8 tietä.

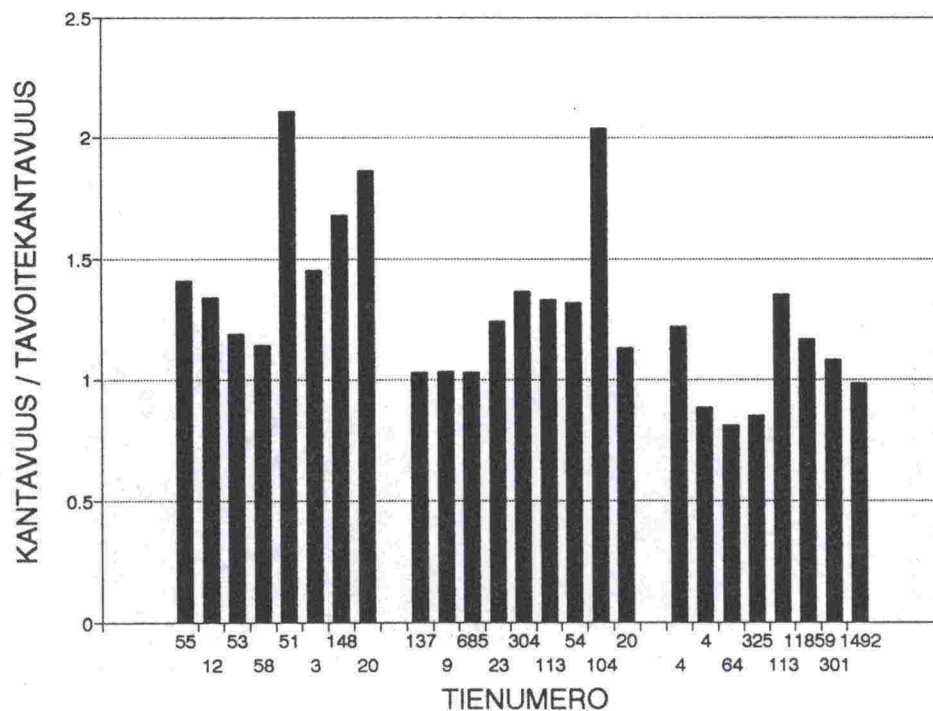
Kun katsotaan samalla tavalla ryhmiteltynä teiden kantavuuksia (kuva 6), voidaan havaita, että parhaimman kolmanneksen kantavuus on luokkaa yli 450 MPa. Keskimmäisen luokan arvot ovat n. 400 MPa ja huonoimman luokan kantavuudet laskevat tasaisesti 400:sta hieman alle 200 MPa:iin. Tästä voitaisiin päätellä, että tiellä pitäisi olla yli 400 MPa:n kantavuus, jotta vaurioiden määrä pysyisi pienenä kohtuullisen kauan. Samalla jaottelulla kantavuuden ja tavoitekantavuuden suhteella (kuva 7) ei näkynyt niin selvää yhteyttä vaurioitumisnopeuteen.



Kuva 5. Vaurioitumiskulmakertoimet AB-teillä.



Kuva 6. Kantavuudet AB-teillä.



Kuva 7. Kantavuuden ja tavoitekantavuuden suhde AB-teillä.

Kuvassa 8 on esitetty xy-kuvana kantavuuden ja a-kertoimen yhteys. Kun verrataan a-kerrointa kantavuuden ja tavoitekantavuuden suhteeseen, niin korrelaatio on huomattavasti huonompi (kuva 9).

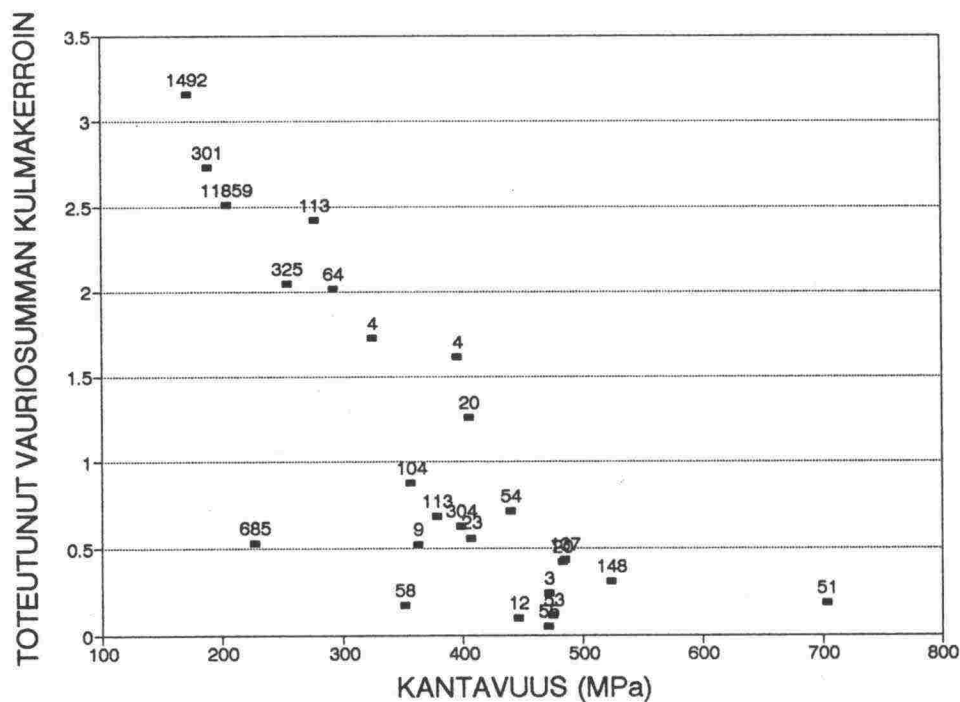
Mallintaminen aloitettiin kantavuuden käänteisluvusta, joka odotetusti jo yksin selittää suurimman osan a:sta (kuva 10). Saadun mallin residuaaleja vertailtiin muihin selittäjiin, jolloin malliin lisättiin pala palalta lisää mallia parantavia selittäjiä. Seuraavaksi malliin lisättiin ajokaistan leveys (kuva 11). Viimeiseksi malliin lisättiin "säätekijä" (kuva 12). Oulun piirin tiet vaurioituvat nopeammin kuin tiet muissa piireissä (Huom. tutkimuksessa olevat piirit). Oulun piiriä vastaavat sääolosuhteet ovat ilmeisesti myös Kuopion, Kainuun, Pohjois-Karjalan ja Lapin piireissä. Keski-Suomen ja Vaasan piireistä oli niin vähän aineistoa, ettei korjausta tehty. Malli on seuraavanlainen:

$$VS = a \cdot IK\ddot{A}^{1.6}$$

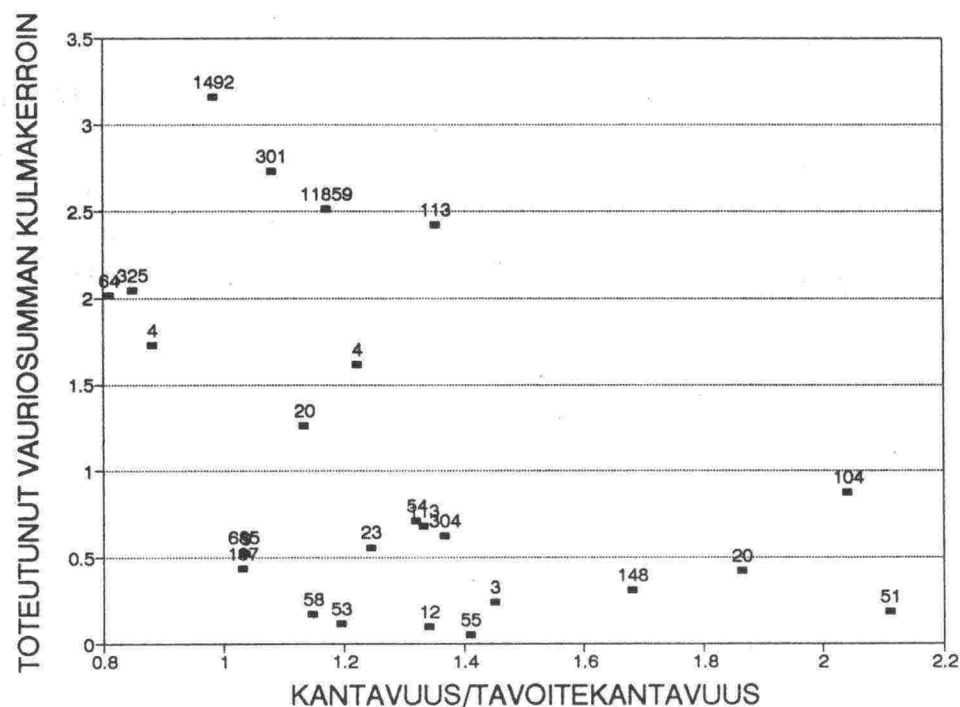
a = Kantavuus	(701 · 1/kantavuus) - 1.03 +
ajoradan leveys(*)	(70 - leveys (dm)) · 0.035 +
"sää"	0.5 (jos tie sijaitsee Oulun piiriä vastaavalla sääalueella)

(*) tien reunaviivasta reunaviivaan

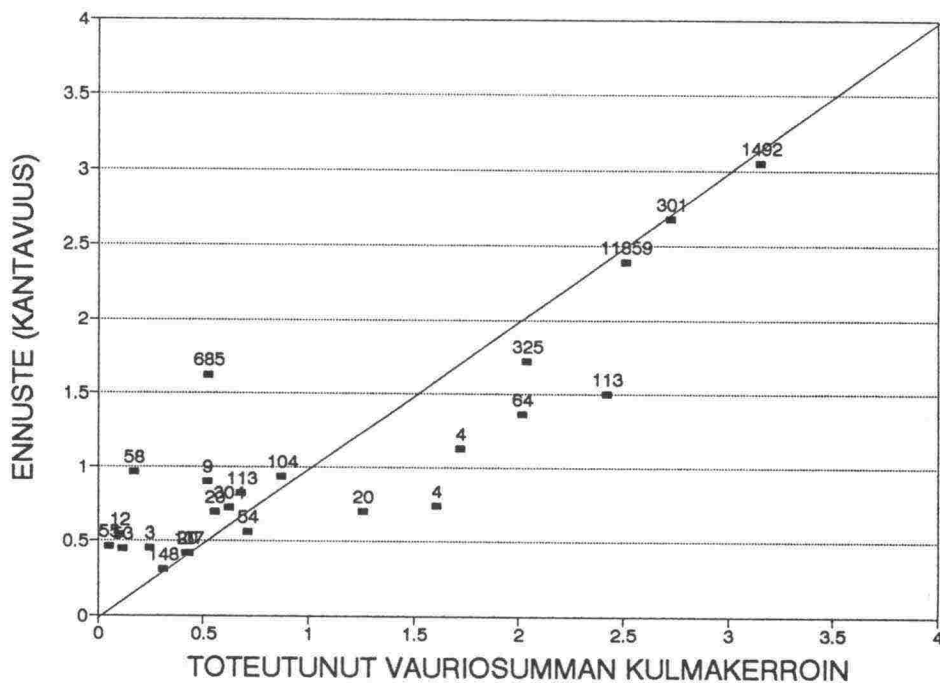
Viimeisimmän ajanjakson toteutuneiden vaurioiden ja uuden mallin sekä vanhan mallin (vuodelta -88) yhteys on esitetty kuvassa 13. Uuden mallin korrelaatiokerroin on 0.82 ja vanhalla mallilla se on 0.75. Liitteessä 5 on esitetty vuosilta 1979 - 92 vauriokehitys ja molemmat ennustemallit. Residuaalikuvat ovat liitteessä 6. Tilastolliset tunnusluvut ovat liitteessä 7.



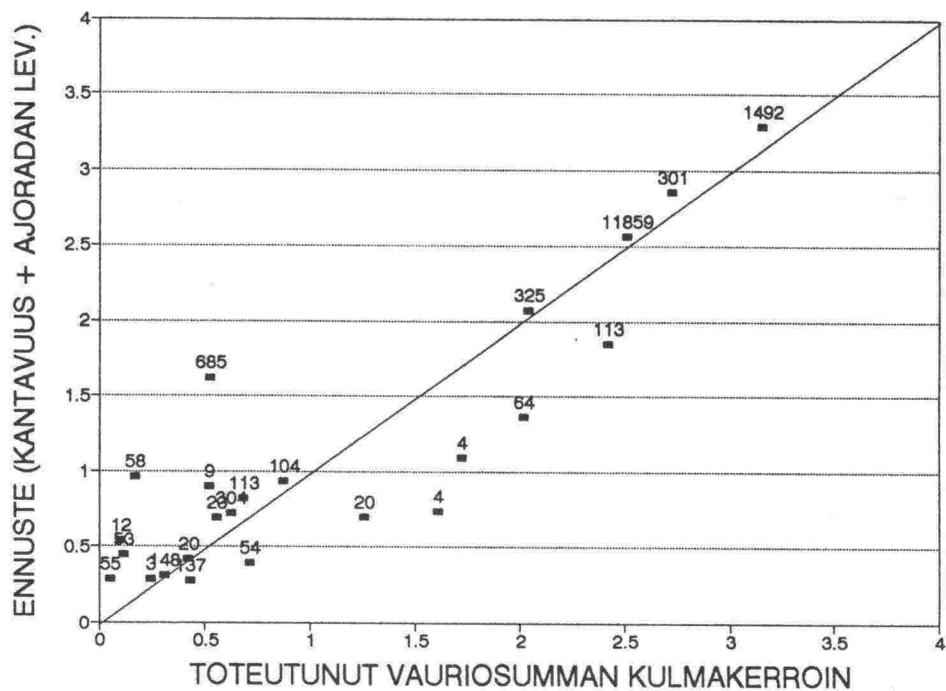
Kuva 8. Vaurioitumiskertoimen (a) ja kantavuuden yhteys.



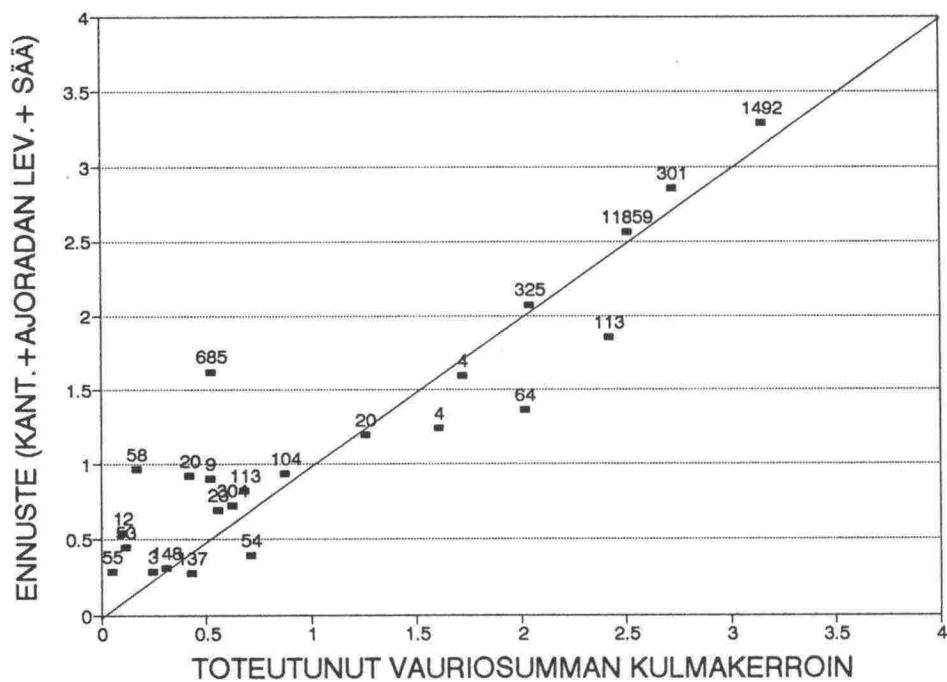
Kuva 9. Vaurioitumiskertoimen (a) yhteys tavoitekantavuuden ja kantavuuden suhteeseen.



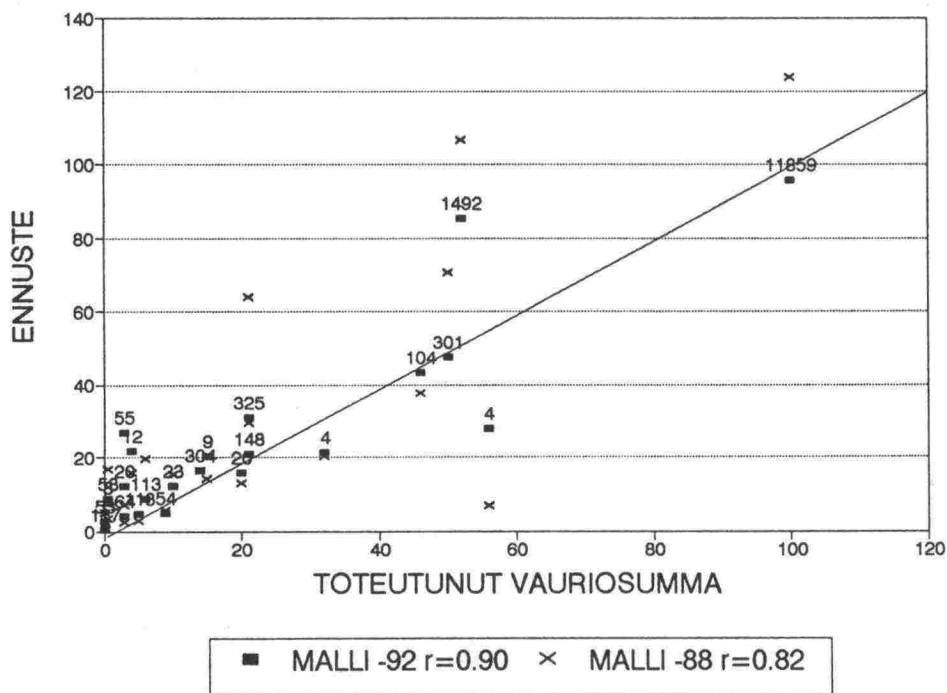
Kuva 10. Vaurioitumiskertoimen (a) ja mallin (kantavuus) yhteys.



Kuva 11. Vaurioitumiskertoimen (a) ja mallin (kantavuus ja ajoradan leveys) yhteys.



Kuva 12. Vaurioitumiskertoimen (a) ja mallin (kantavuus, ajoradan leveys ja sää) yhteys.



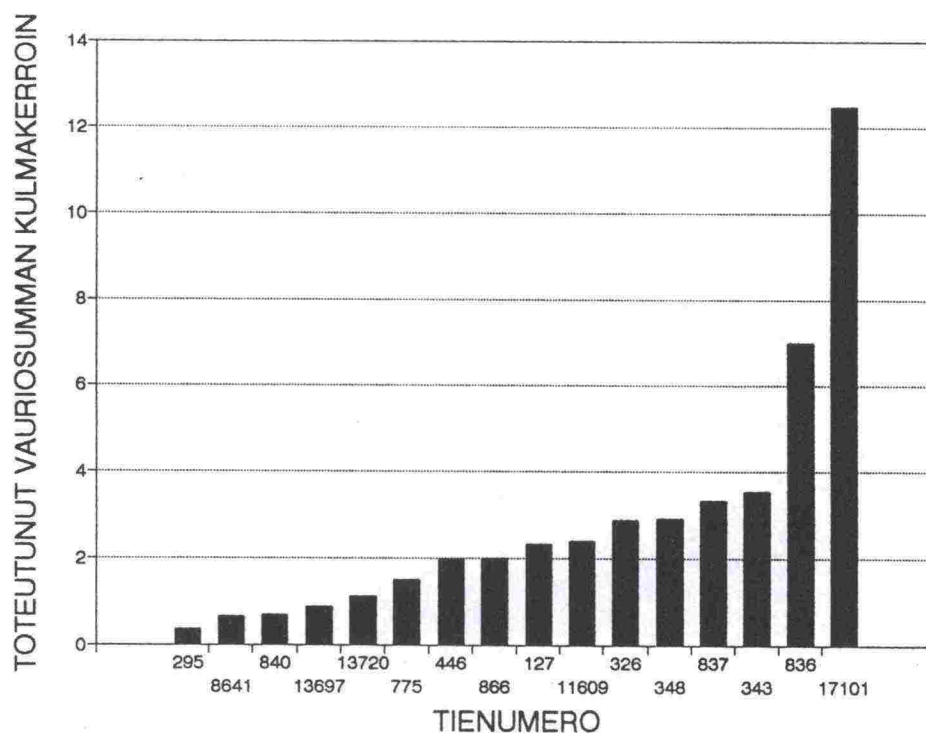
Kuva 13. Toteutunut vauriosumma ja ennustemallit.

3.3 Öljysoratiet

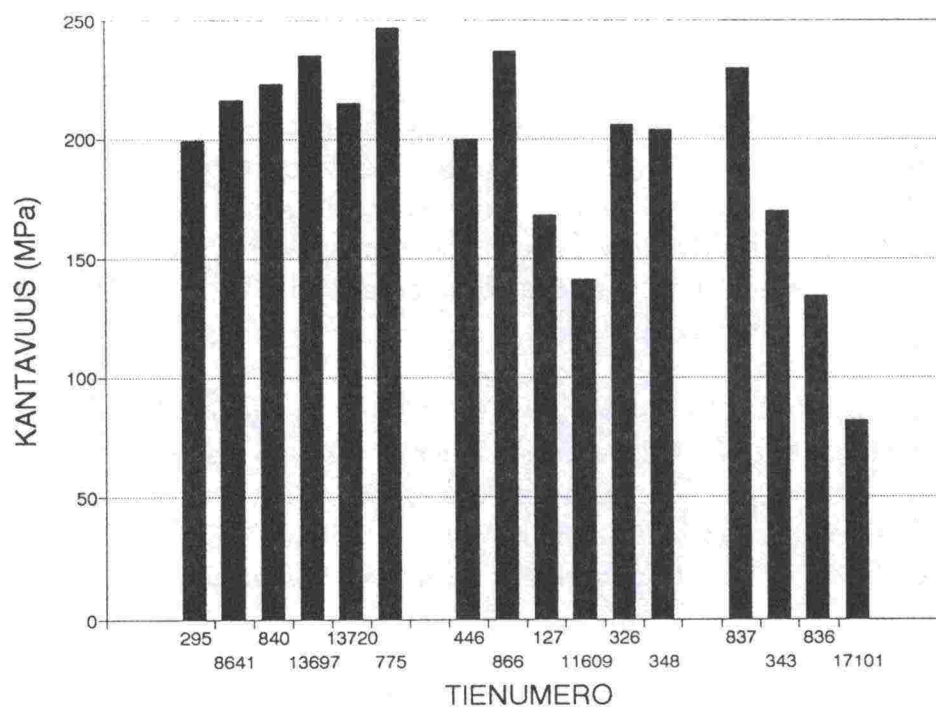
ÖS-teitä on tutkimuksessa 16. Vaurioiden määrä oli öljysorateilla suuri. 9:llä tiellä 16:stä on vauriosumman arvo ylittynyt jonakin vuonna vuosien 1979-92 aikana "muiden teiden" korjaustoimenpiteen raja-arvon 130 m²/100 m (pää-tiet 60, seututiet 100). Kuvassa 14 on esitetty kulmakertoimen a arvot eri teillä. Ne ovat ryhmitelty kolmeen osaan siten, että 1. ryhmässä a:n arvo on alle 1.5. Seuraava ryhmä 1.5 - 3.0 ja kolmannessa ryhmässä a on välillä 3.0 - 13.0.

Kun katsotaan samalla tavalla ryhmiteltynä teiden kantavuuksia (kuva 15), voidaan havaita, että parhaimman kolmanneksen kantavuus on aina yli 200 MPa. Keskimmäisen luokan arvot vaihtelevat 240 - 140 MPa ja huonoimman luokan kantavuudet ovat 170:stä 80 MPa:iin. Tästä voitaisiin päätellä, että tiellä pitäisi olla yli 200 MPa:n kantavuus, jotta vaurioitumiskehitys olisi kohtuullisen hidasta.

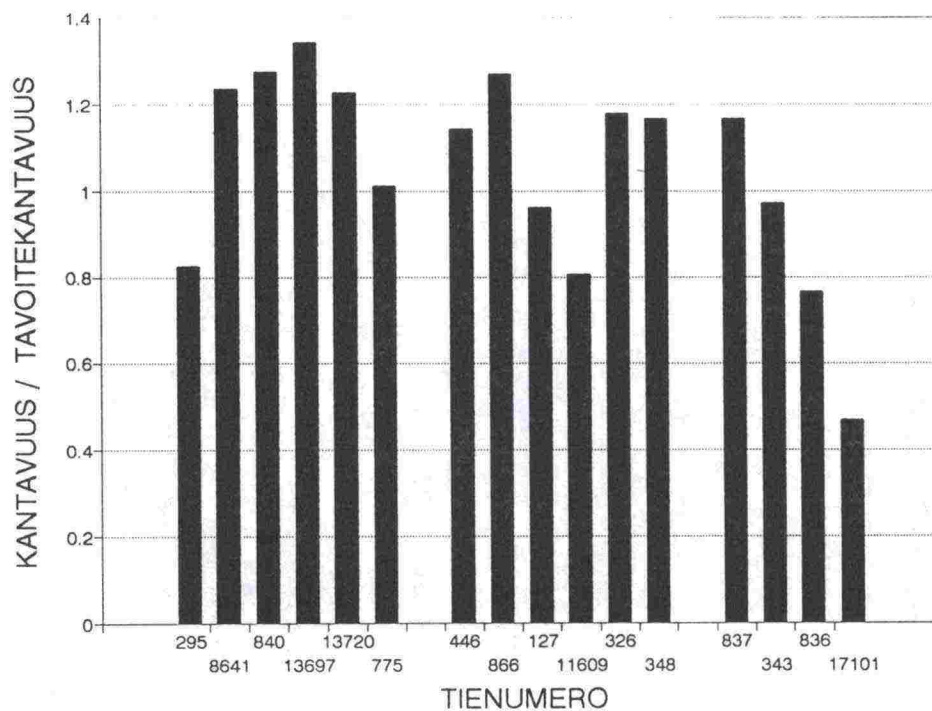
Samalla jaottelulla kantavuuden ja tavoitekantavuuden suhteella (kuva 16) ei näkynyt niin selvää yhteyttä vaurioitumisnopeuteen. Pienimmän a:n arvon omaavan tien kantavuuden ja tavoitekantavuuden suhde on alle 1. Kolmannessa ryhmässä suhdeluku kaikilla on alle 1 (jopa alle 0.5).



Kuva 14. Vaurioitumiskulmakertoimet (a) ÖS-teillä.



Kuva 15. Kantavuudet ÖS-teillä.



Kuva 16. Kantavuuden ja tavoitekantavuuden suhde ÖS-teillä.

Kuvassa 17 on esitetty xy-kuvana kantavuuden ja a-kertoimen yhteys. Kun verrataan a-kerrointa kantavuuden ja tavoitekantavuuden suhteeseen, niin korrelaatio on hieman huonompi (kuva 18).

Mallintamisessa suoritettiin AB-teiden käytäntöä. Mallintaminen aloitettiin kantavuuden käänteisluvusta, joka jo yksin selittää suurimman osan a:sta (kuva 19). Seuraavaksi malliin lisättiin pakkassumma, joka esiintyy enintään kerran 10 vuodessa. Ko. pakkassumma on n. 1.7 kertainen keskimääräiseen pakkassummaan verrattuna (kuva 20). Sen jälkeen otettiin mukaan tien rakenteiden yhteispaksuus (kuva 21). Malli on seuraavanlainen:

$$VS = a \cdot IKÄ^{1.8}$$

$$a = \text{kantavuus} \quad (1417 \cdot 1/\text{kantavuus} - 4.8) +$$

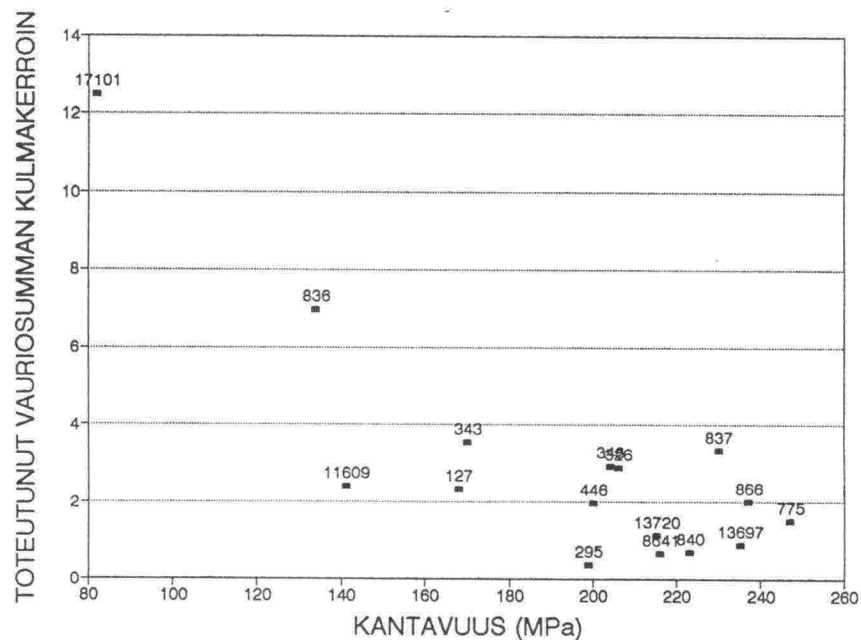
$$\text{pakkassumma (*)} \quad (0.097 \cdot \text{pakkassumma}/1000 - 3.5)$$

$$\text{rakennekerr. paksuus (**)} \quad (-2.5 \cdot \text{rakennekerrokset (cm)}/100 + 1.52)$$

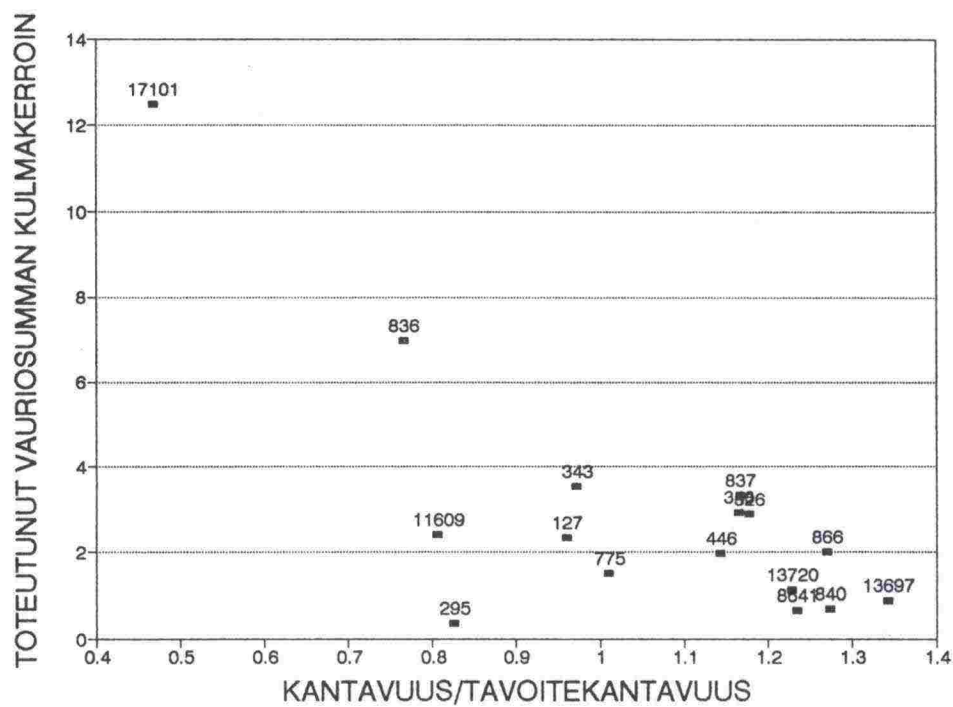
(*) = kerran 10 vuodessa esiintyvä pakkassumma

(**) = päällyste + sitomattomat kerrokset

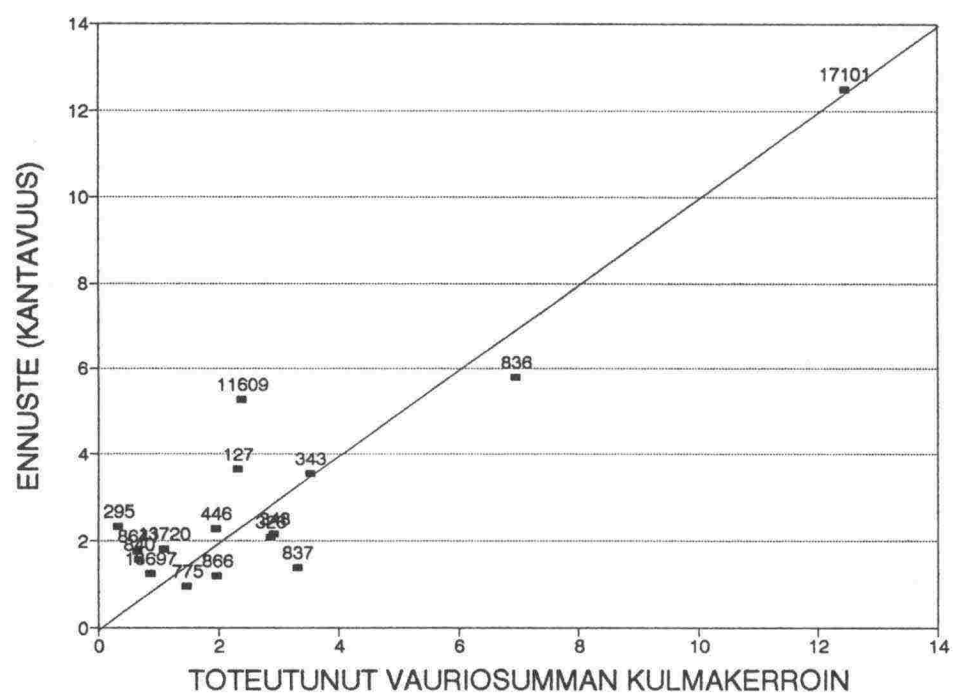
Toteutuneiden vaurioiden ja uuden mallin sekä toteutuneiden vaurioiden ja vanhan mallin (vuodelta -88) yhteys on esitetty kuvassa 22. Uuden mallin korrelaatiokerroin on 0.75 ja vanhalla mallilla se on 0.56. Liitteessä 8 on esitetty vuosilta 1979 - 92 vauriokehitys ja molemmat ennustemallit. Residuaalikuivat ovat liitteessä 9. Tilastolliset tunnusluvut on esitetty liitteessä 10.



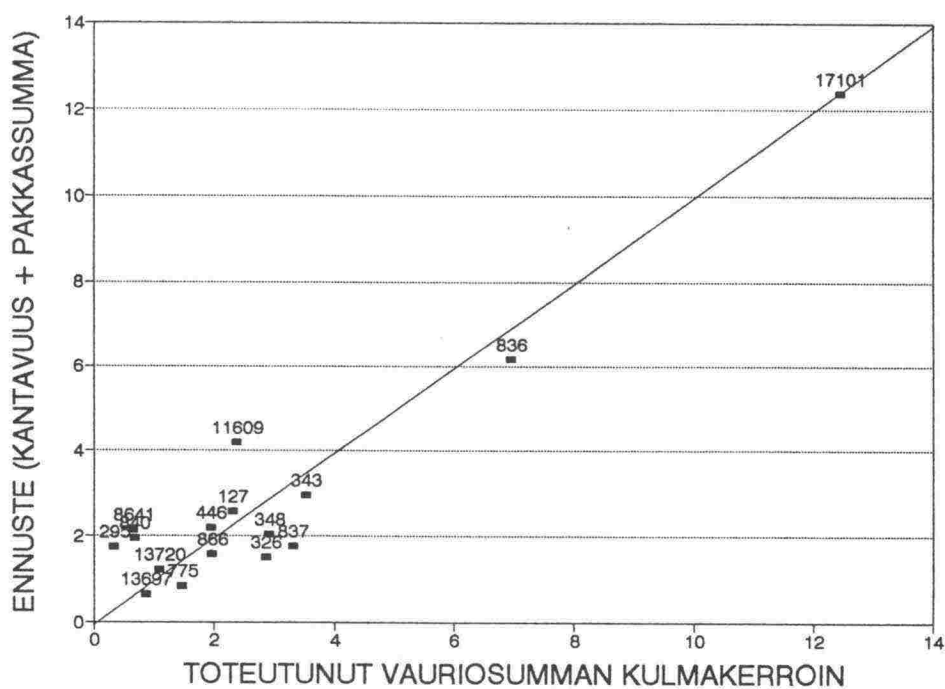
Kuva 17. Vaurioitumiskulmakertoimen (a) ja kantavuuden yhteys.



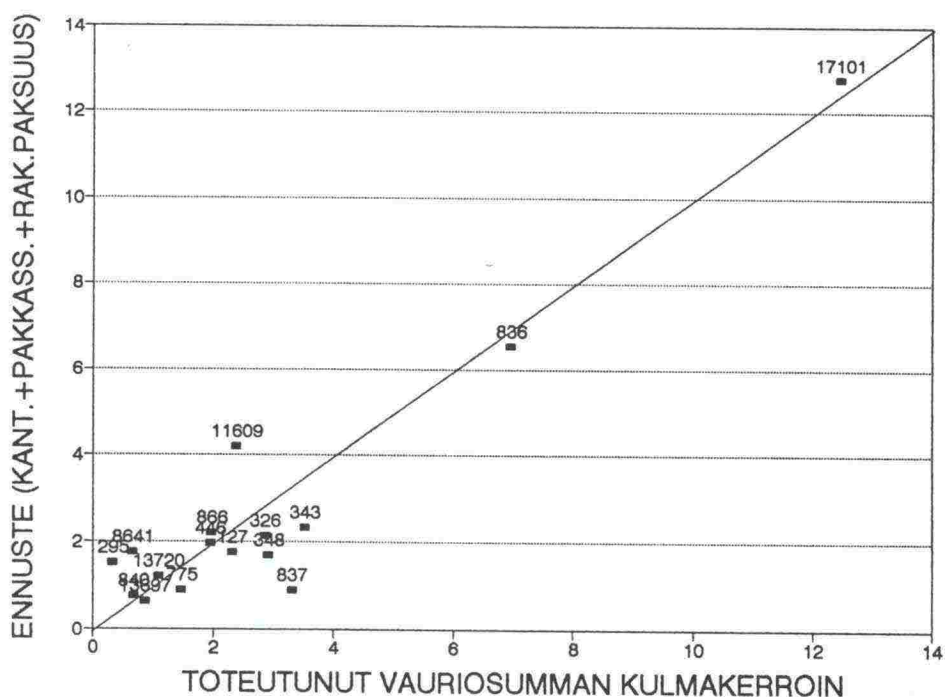
Kuva 18. Vaurioitumiskertoimen (a) yhteys tavoitekantavuuden ja kantavuuden suhteeseen.



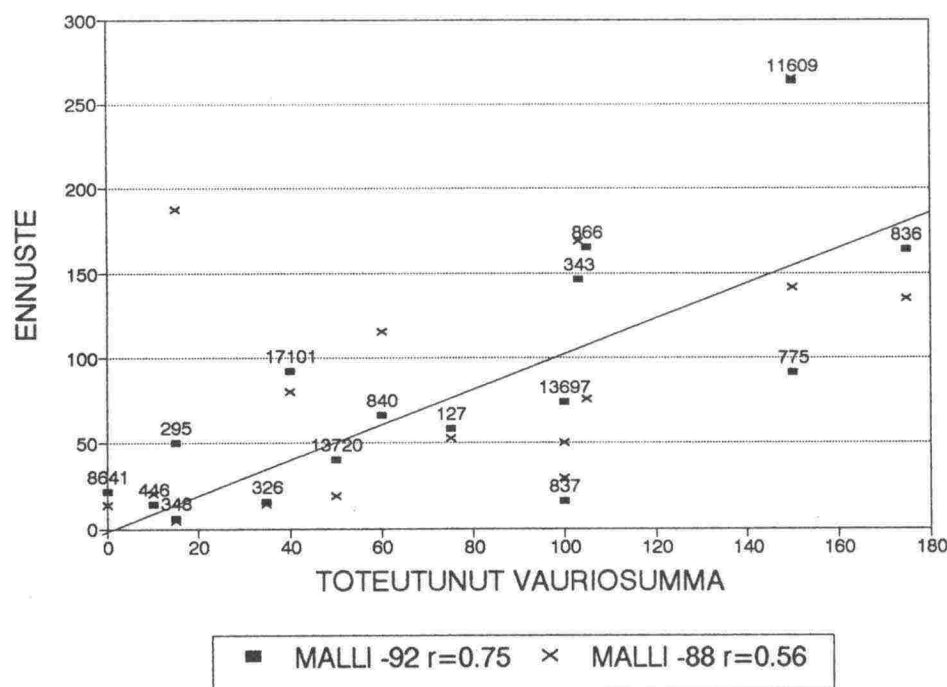
Kuva 19. Vaurioitumiskertoimen (a) ja mallin (kantavuus) yhteys.



Kuva 20. Vaurioitumiskertoimen (a) ja mallin (kantavuus, pakkassumma) yhteys.



Kuva 21. Vaurioitumiskertoimen (a) ja mallin (kantavuus, pakkassumma, rakennekerrokset) yhteys.



Kuva 22. Toteutunut vauriosumma ja ennustemallit.

3.4 Tulosten yhteenveto

Kantavuus tuli odotetusti molemmissa malleissa pääselittäjäksi. Kantavuuden käänteisluku on suoraan verrannollinen taipumaan taipumasuppilon keskellä. Muut taipumat ja niistä lasketut apumuuttujat eivät selittäneet yhtä tehokkaasti vaurioitumisnopeutta.

Tavoitekantavuuden ja kantavuuden suhde ei selittänyt vaurioitumisnopeutta. Tämä johtuu siitä, että vähäliikenteisille teille sallitaan suurempi vaurioitumisnopeus. Tavoitekantavuus on siis pienempi kuin liikennemäärä edellyttää, jos pyritään samaan vaurioitumisnopeuteen. AB-teillä ainoastaan 3 tietä 25:stä kantavuus alitti tavoitekantavuuden. ÖS-teillä 6 tietä 17:sta kantavuus alitti tavoitekantavuuden.

Aikaisemmissa malleissa on saatu liikennemäärä (KVL, KKL) mukaan malliin. Tosin sen merkitsevyys on ollut pieni. Tällä kertaa sitä ei katsottu olevan järkevää pakottaa malliin, koska muuttujien määrä olisi kasvanut aineistoon nähden liian suureksi. Aineiston koostumus ja määrä on sellainen, että liikenteen vaikutusta ei saatu selville.

Molemmissa malleissa tuli säätekijä mukaan. Pohjoisen kylmissä olosuhteissa tulee enemmän pakkashalkeamia ja routasyvytydet ovat suurempia. Teiden maantieteellinen jakauma ei tasainen, joten se aiheuttaa epävarmuustekijöitä.

Tien rakenne tuli eri tavalla mukaan malleissa. AB-teillä ajoradan leveyden tuleminen malliin mukaan voisi selittää sillä, että kuormitukset jakaantuvat tasaisemmin leveällä tiellä. Ajoradan merkitsevyys oli niin suuri verrattuna muihin muuttujiin, ettei sitä olisi voinut vaihtaa esim. tienleveyteen, päällysteen leveyteen tai rakennekerrosten paksuuteen. ÖS-teillä selittäjäksi tuli rakennekerrosten yhteispaksuus. Paksut rakenteet ovat kantavia ja pohjavesi ei pääse vaikuttamaan niin voimakkaasti kuin ohuilla kerroksilla.

Tiet valittiin alunperin edustamaan tyypillisiä suomalaisia teitä, joten aineisto ei ole tasaisesti jakaantunut eri muuttujien kombinaatioiden osalta. AB-teillä tiet ovat keskittyneet vähävaurioisiin teihin, piireittäin Uudellemaalle ja Hämeeseen. Muutamilla öljysorateilla on hyvin heikko kantavuus ja suuri vaurioitumisnopeus. Hämeessä ja Oulun piirissä on erikseen enemmän ÖS-kohteita kuin muissa piireissä yhteensä. Tällainen keskittyminen aiheuttaa mahdollisesti virhetekijöitä tilastollisessa tarkastelussa. Näistä ongelmista huolimatta mallit toimivat yllättävän hyvin, kuten liitteen 5 ja 9 kuvat osoittavat.

3.5 Elinaikamallinnus

Tien vaurioiden määrä ei yleensä kasva tasaisesti. Tie voi olla pitkään hyvässä kunnossa, kunnes jossain vaiheessa vaurioiden määrä alkaa kasvaa voimakkaasti (S-käyrä). Ajankohdan, jolla vaurioituminen kiihtyy (kynnysarvo), etsimiseksi voidaan käyttää elinaikamallinnusmenetelmää.

Elinikämallinnuksessa ennustetaan sitä ikää, jolloin tie on esim. 50 %:n varmuudella vaurioitunut valittuun vauriotasoon (vauriotasoilla eri mallit). Vauriotasoina käytettiin AB-teillä 40, 70 ja 100 m², ÖS-teillä 60, 100 ja 130 m² sekä kaikilla teillä 5, 10, ja 15 m². Lisäksi vauriotasoiksi valittiin kunkin vauriotyyppin esiintyminen ensimmäisen kerran. Tarkempaan käsittelyyn valittiin AB-teillä verkkohalkeaman esiintyminen ja vauriosumman arvo 5 m².

Verkkohalkeaman ennustaminen antoi muuttujiksi iän, kumulatiivisen kuormituskertaluvun ja säävyöhykkeen. Kuormituskertaluvun kerroin on "väärän merkkinen", joten malli ei ole järkevä. Teillä, joilla on suuri kuormituskertaluku, on myös suuri kantavuus ja vaurioita ei siten muodostu.

Vauriosumman 5 m² ennusteen muuttujat ovat kuormituskertaluku, kantavuus, säävyöhyke ja ajoradan leveys. Muuttujien kertoimet ovat "oikean" merkkisiä, mutta tässä mallissa ei ole ikää mukana. Tämä tarkoittaa sitä, että vaurion ensimmäisen kerran esiintymistodennäköisyys on joka vuosi sama (todennäköisyys toki kasvaa ajan myötä).

Aineiston käsittelyä vaikeutti vaurioinventoinnin välivuodet 1984-1985, joka vähensi aineistoa huomattavasti. Tällainen käsittely vaatii pitkän katkottoman aineiston. Elinaikamallinnus on esitetty tarkemmin liitteessä 11.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimusaineisto on ajallisesti hyvin kattava eli 13 vuotta. Kaksi vuotta on jätetty väliin inventoinneissa vuosina 1984 ja 1985, joka on aiheuttanut hankaluuksia tulosten analysoinnissa, varsinkin elinaikamallinnuksessa.

Mallintamisen kannalta aineistossa on puutteita. Teiden määrä on kuitenkin suhteellisen pieni ja kun moni ominaisuus muuttuu, on vaikeaa saada yksittäisen muuttujan vaikutusta selville. Aineisto on keskittynyt esim. AB-teillä vähäaurioisiin teihin. Sääalueittain aineisto on myös keskittynyt. Tämän takia olisi aineistoa lisättävä. Yksinkertainen ratkaisu on liittää havaintotiet osaksi SHRP-koetieohjelmaa (myös PMS-koetiet).

Kantavuusarvo selittää yksin suurimman osan vaurioitumisnopeudesta. Tavoitekantavuuden ylittäminen ei tämän tutkimuksen mukaan taannut vähäistä vaurioitumisnopeutta. Tämä johtuu siitä, että tavoitekantavuuteen perustuva suunnittelu sallii suuremmat vauriomäärät vähäliikenteisillä teillä. Kantavuuden pitäisi AB-teillä ylittää 400 MPa ja ÖS-teillä 200 MPa. Liikennemäärän vaikutusta ei saatu selville tällä aineistolla.

Koska paikkauksella on vauriosummassa merkittävä osa, saattaa sen mukana tulla runsaasti virhettä. Paikkaus on voitu tehdä muun syyn kuin rakenteellisen vaurion takia (urapaikkaus, purkauma jne.).

Tässä tutkimuksessa on AB- ja ÖS-teitä käsitelty, niin kuin ne olisivat lajissaan homogeenisia päällysteitä. Kuitenkin eri materiaaliratkaisut (sideaine, kiviaines, päällystelaji jne) ja päällystystekniikat (kalusto jne.) vaihtelevat huomattavasti mikä vaikuttaa päällysteen väsymis- ja purkautumisominaisuuksiin. Suurta osaa näistä ominaisuuksista on vaikeaa tai mahdotonta tutkia ja testata jälkikäteen.

Vaurioinventointi pitäisi suorittaa joka vuosi, jotta mm. elinaikamallintamiseen saataisiin tarpeeksi aineistoa. Kantavuusmittaukset pitäisi suorittaa aina päällystämisen jälkeen, jotta mittaukset olisivat vertailukelpoisia.

Edellä mainituista ongelmista huolimatta ennusteet vaurioitumisnopeudelle toimivat hyvin tällä aineistolla. Ennustemallien luotettavuutta pystyttiin parantamaan edellisiin malleihin (vuosilta 1985 ja 1988) verrattuna.

5 KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus v. 1979. E. Kankare ja H. Saarinen. VTT:n tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 193. Espoo 1980
2. Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus. E. Kankare ja H. Saarinen. VTT:n tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 217. Espoo 1980
3. Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus. H. Saarinen. VTT:n tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 428. Espoo 1984
4. Teiden kunto ja palvelutaso. Tutkimustulokset havaintoteiltä 1979-1983, H Saarinen ja H. Jämsä. VTT tiedotteita 429. Espoo 1985
5. Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus. H. Jämsä. VTT:n tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 578. Espoo 1986
6. Havaintotieaineistosta 1979 - 1987 laskettuja vaurioitumismalleja. H. Jämsä ja T. Kurki. tutkimusselostus 689. Espoo 1988
7. Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus. T. Kurki. Tutkimusraportti 55. Espoo 1991
8. Päällysteiden kunnostuskriteerit. Eero Lehtipuu, VTT Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio n:o 95. 1992
9. Päällystetyn tien kuntoennusteet. Tielaitoksen selvityksiä 35/1992

6 LIITTEET

1. Vaurioinventointilomake
2. Kerrospaksuudet
3. Vaurioinventointitulokset 1979-1992
4. Kantavuusmittaustiedot, niistä lasketut tunnusluvut, kerrospaksuudet ja tierekisteritiedot
5. AB-teiden vauriokehitys
6. AB-teiden residuaalikuvat
7. AB-teiden tilastolliset tunnusluvut
8. ÖS-teiden vauriokehitys
9. ÖS-teiden residuaalikuvat
10. ÖS-teiden tilastolliset tunnusluvut
11. Elinaikamallinnus

Si- jainti- ti- m	Vaurio																						Poikki- leikk.	Penk. kork.	Leikk. syvyys	Vaur. sij.	TSV	Poh- ja- maa	Maast. laatu	Kui- va- tus	Sivu- ojan syv.	Harmi.
	1 kpl	ast y m	2 kpl	ast y m	3 kpl	ast y m	4 kpl	ast y m	5 kpl	ast y m	6 kpl	ast y m	7 m ²	ast y m	8 kpl	ast y m	9 m ²	ast y m	10 kpl	ast y m	11 m ²	ast y m	1-5	m	m	1-3	1-4	1-3	1-3	1-3	m	
0-1		—																														
1-2			1 2				5 2																									
2-3			2 2																													
3-4			—																													
4-5			1 2				8 2																									
5-6			—																													
6-7			1 2																													
7-8			1 2				8 2																									
8-9			—																													
9-10			2 2																													
10-11			1 2																													
11-12			1 2																													
12-13			—																													
13-14			2 2																													
14-15			—																													

Vaurio

- 1 poikkihalkoama ajokaistan poikki
- 2 poikkihalkoama ajoradan poikki
- 3 pieniä poikkihalkoamia
- 4 pituushalkoama kaistan keskiosassa
- 5 pituushalkoama keskiosassa
- 6 vinohalkoama
- 7 verkkohalkoama
- 8 routakouma
- 9 paikkaukset
- 10 reiät, purkaukset
- 11 muu

Poikkileikkaus

- 1 pengerr
- 2 viotävi
- 3 leikkaus
- 4 toispuolinen kallioleikkaus
- 5 kallioleikkaus
- 6 O-tasaus

Vaurion sijainti

- 1 ajourassa
- 2 piennar
- 3 muu
- TSV vaurion kohdalla
- 1 vaakasuora
- 2 kalteva
- 3 kupera taite
- 4 kovera taite

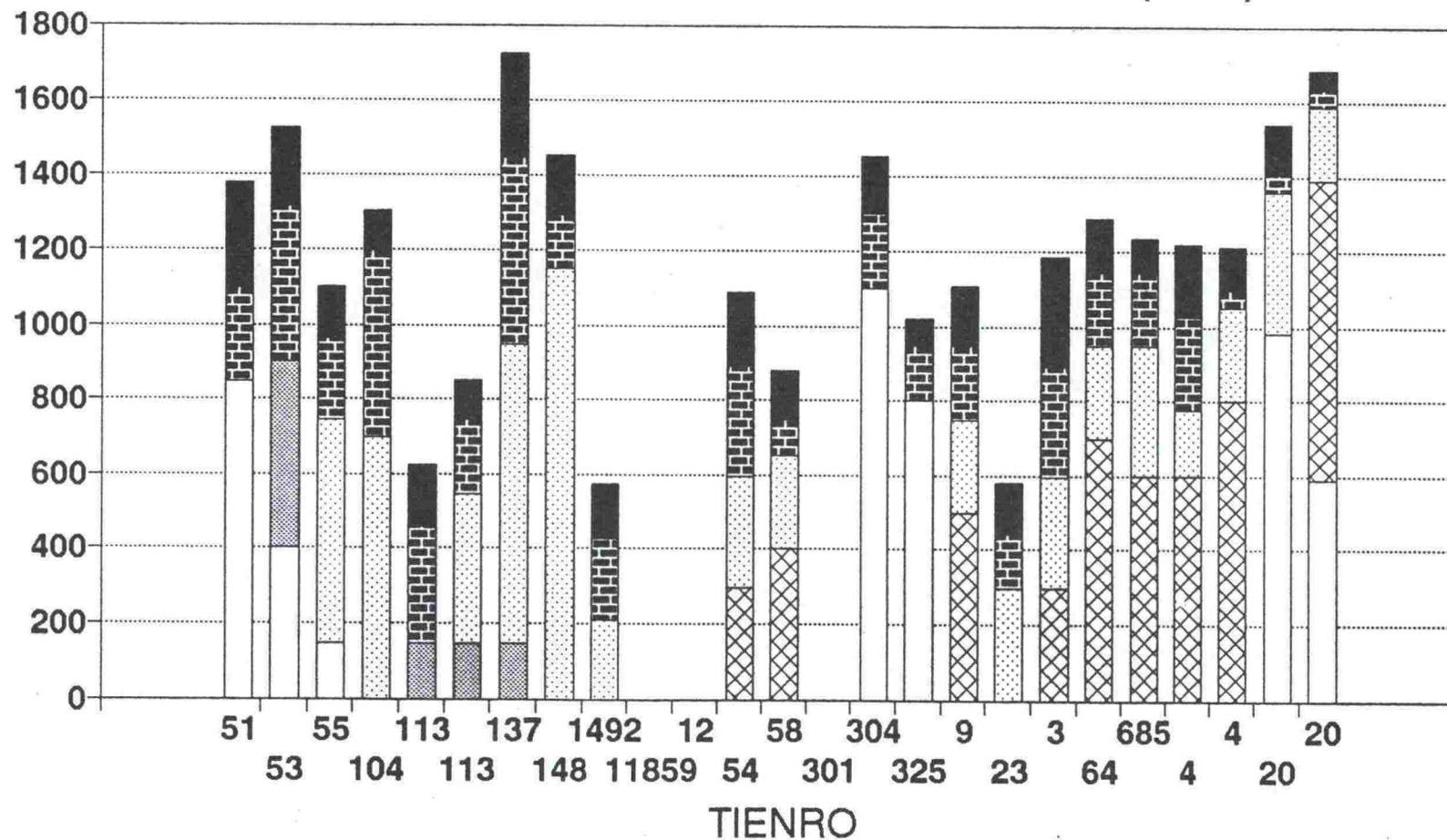
Pohjama

- 1 koheesiomaalaji
- 2 kirkkaamalaji
- 3 kallio
- Maaston laatu
- 1 pelto
- 2 metsä
- 3 suota

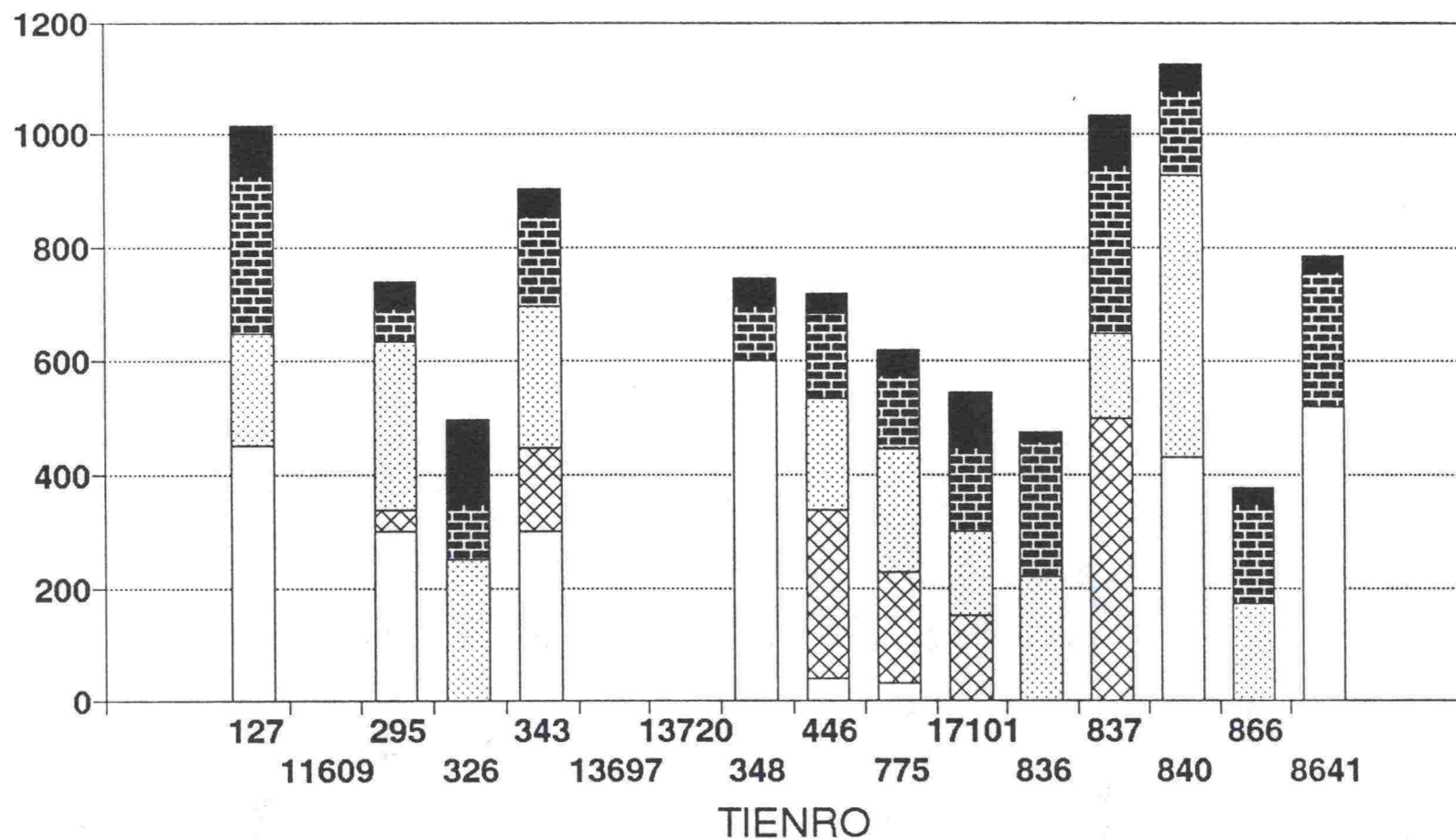
Kuivatus

- 1 riittävä
- 2 riittämätön
- (vettä ojassa)

AB-TEIDEN KERROSPAKSUUDET (mm)



ÖS-TEIDEN KERROSPAKSUUDET (mm)



piiri	tie	osa	vuosi	Poikki- halk kpl	Halkeamat m Pit.	sauma	Muu	Verkko halk. m2	Paikkaus m2	Reiat purkauma m2	Vaurio summa m2/100m
1	51	10	79	0	0.1	0.7	0	0	0	0	0.1
1	51	10	80	0.8	1	1.5	0	0.2	0	0	0.9
1	51	10	81	0.9	2.8	2	0.1	0.5	0.4	0.5	3.2
1	51	10	82	0.6	3.7	3.3	0.3	2.9	0.9	0.1	6.2
1	51	10	83	0.8	3.9	1.9	0.3	0.4	1.8	0.1	4.6
1	51	10	86	0.1	0	0	0	0	0	0	0
1	51	10	87	2.9	0.3	3.6	2.3	0	0	0	2
1	51	10	88	0.2	0	0	0	0	0	0	0
1	51	10	89	0	0	0	0	0	0	0	0
1	51	10	90	0.1	0	1.5	0	0	0	0	0.2
1	51	10	91	0.1	0	4	0	0	0	0.4	0.8
1	51	10	92	0.1	0	2	0	0	0	0	0.2
1	53	19	79	1.7	2	26.5	0.2	0	0	0	3.9
1	53	19	80	1.7	2.3	19.8	0.4	0	0.2	0	3.8
1	53	19	81	1.4	1.3	17.1	0.7	0	0	0	2.8
1	53	19	82	1.9	2	18.1	1.5	0	0.2	0	3.9
1	53	19	83	1.6	6.6	22	1.9	0	0	0	6.6
1	53	19	86	0.6	0	15.4	0.2	0	0	0	1.7
1	53	19	87	2.4	0.7	18.3	1.1	0	0	0	3
1	53	19	88	3.2	0.2	19.7	0.7	0	0	0	2.7
1	53	19	89	0	0	0	0	0	0	0	0
1	53	19	90	0.6	0	0.7	0	0	0	0	0.1
1	53	19	91	0.2	0	0.1	0.2	0	0	0	0.2
1	53	19	92	0.1	0	0	0	0	0	0	0
1	55	5	79	0.8	0	6.5	0	0	0	0	0.7
1	55	5	80	1	0	0.9	0	0	0	0	0.2
1	55	5	81	1	0.2	8.7	0.4	0	0	0	1.3
1	55	5	82	1	0.6	7.1	0.2	0.2	0	0	1.4
1	55	5	83	0.8	0	3.9	0.8	0	0	0	0.9
1	55	5	86	1.6	0	8.8	0	0	0	0	1.1
1	55	5	87	3.4	0	23.6	0.5	0	0	0	2.9
1	55	5	88	3.5	0	28.3	0.8	0	0	0.1	3.7
1	55	5	89	2.8	0.1	26.4	1.3	0	0	0	3.6
1	55	5	90	4.2	0.6	23.4	0.1	0.1	0	0.1	3.3
1	55	5	91	0	0	0	0	0	0	0	0
1	55	5	92	0	0	0	0	0	0	0	0
1	104	6	79	1.9	2.5	14.7	0.1	12	7.5	0	22.5
1	104	6	80	1.6	2.4	2.7	1	12	7.5	0	21.6
1	104	6	81	1.6	3.2	3.2	1.4	13.2	5.2	0	21.1
1	104	6	82	1.1	0.3	3.4	0.3	0	0	0	0.8
1	104	6	83	1.3	0.7	6.8	0.1	0	0	0	1.2
1	104	6	86	0.9	0.9	7.9	0.8	0	0	0	1.8
1	104	6	87	2.3	0.2	13.7	2.2	0.1	0	0	2.8
1	104	6	88	2.8	3.2	22.3	1.8	0.1	0	0	5.1
1	104	6	89	2.8	1.5	16	1.2	0	0.4	0	3.6
1	104	6	90	2.8	1.1	37.9	0	0	0.2	0	4.8
1	104	6	91	3.2	3	46.3	0.7	0.7	0	0	7.5
1	104	6	92	2.6	0	34.8	1.8	0.2	41.3	0	46.2
1	113	1	79	0.3	0	0	0	0	0	0	0
1	113	1	80	0.5	0	0.4	0.1	0	0	0	0.1
1	113	1	81	0.6	0	3.2	0	0	0	0	0.4
1	113	1	82	0.3	0	0.3	0.1	0	0	0	0.1
1	113	1	83	0.4	0	1.9	0.1	0	0	0	0.3
1	113	1	86	0.4	0	8.4	0	0	0.3	0.1	1.2
1	113	1	87	1.3	0.2	8.9	0	0	4.5	0.5	6.2
1	113	1	88	6.8	1.2	20	0.2	0	9.1	7.8	20.3
1	113	1	89	0.1	0	0	0	0	0	0	0
1	113	1	90	0.2	0.2	6.2	0	0	0	0.1	0.9
1	113	1	91	0.4	0	15.2	0	3.9	0	0	5.5
1	113	1	92	0.1	0	32.5	0	0	0	0	3.3
1	113	9	79	0.2	0	0.8	0	0.2	0	0	0.3
1	113	9	80	0.3	1.5	14.3	0.1	4.6	0	0	6.8
1	113	9	81	0.2	4.1	8.8	0.2	9.3	0	0	12.3
1	113	9	82	0.2	1.2	20.8	0.2	50.6	0	0	53.3
1	113	9	83	0.3	7.8	21	0	43.3	0	0	49.4
1	113	9	86	0.2	1.3	7	1.1	116.2	0	0.4	118.6

LIITE 3/2

piiri	tie	osa	vuosi	Poikki-	Halkeamat m	Muu	Verkko	Paikkaus	Reiat	Vaurio	
				halk-	Pit.		sauma	halk.	m2	purkauma	summa
				kpl			m2	m2	m2	m2/100m	
1	113	9	87	5.1	3.3	18	1.9	98.2	4.9	2.9	111.3
1	113	9	88	0	0	0	0	0	0	0	0
1	113	9	89	0	0	0.2	0	0	0	0	0
1	113	9	90	0.6	4.3	12	0.2	0	0	0.1	3.6
1	113	9	91	0.1	1.9	19.4	0.3	2.9	0	0	6
1	113	9	92	0.2	3.7	7.8	0	0.1	0	0	2.8
1	137	6	79	0.6	0.3	0	0	0	0	0	0.2
1	137	6	80	0.8	0	0	0.1	0	0	0	0.1
1	137	6	81	0.7	0.5	0	0	0	0	0	0.3
1	137	6	82	0.7	1.5	0.6	0.1	0	0	0	0.9
1	137	6	83	0.7	4.1	1.1	0.2	0.3	7.3	0	9.8
1	137	6	86	0.7	0.9	0	0	0	0	0.3	0.9
1	137	6	87	0.6	0	0	0	0	0	0	0.1
1	137	6	88	1	0	0	0	0	0.5	0	0.6
1	137	6	89	0.5	0	0	0	0	0	0	0.1
1	137	6	90	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0.1
1	137	6	91	0.2	0	0.3	0	0	0	1.3	1.4
1	137	6	92	0.4	0	0.6	0	0	0	0	0.1
1	148	7	79	0.7	0	0	0	0	0	0	0.1
1	148	7	80	1	0	0	0	0	0	0	0.1
1	148	7	81	1	0	0	0	0	0	0	0.1
1	148	7	82	0.9	0.1	0.5	0	0	0	0	0.2
1	148	7	83	0.9	0	0.3	0	0	7.1	0	7.2
1	148	7	86	0.8	0	2.5	0	0	6.7	0.1	7.1
1	148	7	87	1.1	1.3	1	0	0.3	0.4	0	1.6
1	148	7	88	2.5	0	1	5.8	0.2	0.9	0.2	4.6
1	148	7	89	0.6	0.2	0	0	0	0	0	0.1
1	148	7	90	1.3	36.3	0.7	0	2.9	0	0.2	21.4
1	148	7	91	0	0	0	0	0	1.1	0	1.1
1	148	7	92	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1492	1	79	1.3	9.2	2.9	0.7	0.4	12.3	0	18
1	1492	1	80	1.3	24.1	5	0.2	6.1	42.1	0	61
1	1492	1	81	1.4	23.7	10.9	1	8.6	29.7	0	51.9
1	1492	1	82	1.4	17.3	15.2	0.7	8.1	48.7	0	67.5
1	1492	1	83	1.1	31.3	11.3	0	3.7	81.5	0	102.1
1	1492	1	86	1.3	4.8	0.8	0	0	0.1	0	2.7
1	1492	1	87	1.5	10.9	6.9	1.3	1	5.7	0	13.8
1	1492	1	88	1.6	9.4	15.2	1.1	5.2	5.9	0	18.1
1	1492	1	89	1.2	14.3	4.8	1.8	0.3	15.7	0	24.7
1	1492	1	90	1.3	15.8	22.7	1	0.4	13.5	0.4	25.1
1	1492	1	91	1	34.8	31	1.4	8	18.3	0	48.1
1	1492	1	92	1.4	30.8	35.6	2.5	29.8	2.5	0	52.6
1	11859	1	79	0.8	0.3	2.2	0	1	0	0	1.5
1	11859	1	80	0.9	3.3	4.5	0.2	3.3	0	0	5.6
1	11859	1	81	1	3.5	6.1	0.6	5.3	0	0	8.1
1	11859	1	82	1.2	5.9	13.2	0.4	16.3	0	0	20.9
1	11859	1	83	1.1	11.1	9.5	0.3	22.4	0	0	29.2
1	11859	1	86	1.5	9.7	19	0	59.2	4.3	0	70.4
1	11859	1	87	1.9	5.1	31.8	5.6	98.9	0	0	107.6
1	11859	1	88	2.1	7.9	29.8	3.9	136.2	2.7	0	148
1	11859	1	89	1.5	5.9	11.3	0.5	71.6	5.2	0	81.3
1	11859	1	90	5.1	9.8	27.5	0.1	61.2	5.2	0	74.6
1	11859	1	91	0.1	0.8	0	0.4	0.5	11.7	2.2	14.9
1	11859	1	92	0	0	0	0	0	0	0	0
4	12	11	79	1.3	3.4	7.5	0.5	0.2	10	0	13
4	12	11	80	1.8	3.2	9.9	0.6	0.2	4.1	0	7.3
4	12	11	81	0.3	0.2	4	0	0	0	0	0.5
4	12	11	82	0.9	0.7	6.3	0.2	0	0	0	1.2
4	12	11	83	1.5	0.5	8.7	0.3	0	0	0	1.4
4	12	11	86	1.7	0.8	10.8	0.5	0	0	0	1.9
4	12	11	87	2.5	1.5	11.5	1.2	0	0	0	2.8
4	12	11	88	2.5	1.2	11.6	0.8	0.1	0	0	2.5
4	12	11	89	0	0	0	0	0	0	0	0
4	12	11	90	0.7	4.8	0	0	1.5	0	0	4
4	12	11	91	0.3	0	1	0	0	0	0	0.1
4	12	11	92	1.4	0.5	2.7	0	0	0	0	0.7

piiri	tie	osa	vuosi	Poikki- halk kpl	Halkeamat m Pit.	sauma	Muu	Verkko halk. m2	Paikkaus m2	Reiat purkauma m2	Vaurio summa m2/100m
4	54	9	79	0.4	12.3	2.6	0.6	0	0	0	6.8
4	54	9	80	4.2	4.2	3	0.6	0.1	0	0	3.2
4	54	9	81	2.2	6.1	3.4	0.2	0	1.8	0	5.5
4	54	9	82	5.4	14.5	1.2	2.2	0	0.9	0	9.9
4	54	9	83	5.3	8.7	3	4.1	0	1.5	0.1	8.9
4	54	9	86	3.6	1.9	0.6	0.1	0	0	0	1.4
4	54	9	87	3.9	2.6	0.5	0.1	0	0	0	1.8
4	54	9	88	9	9.8	8.7	4	0	0	0	8.6
4	54	9	89	0	0	0	0	0	0	0	0
4	54	9	90	0	0	0	0	0	0	0	0
4	54	9	91	0	0	0	0	0	0	0	0
4	54	9	92	0.1	0	0	0	0	0	0	0
4	58	5	79	0.4	1.7	0	0	0.1	0	0	1
4	58	5	80	0.9	5.7	1.8	0	0	0	0	3.1
4	58	5	81	0.6	2	1.7	0	0	0	0	1.2
4	58	5	82	0.3	1.9	0.9	0.3	0	0	0	1.2
4	58	5	83	1.6	6.9	3.8	0.3	0	0	0	4.1
4	58	5	86	1.9	11.7	7.4	1.2	0	0	0	7.3
4	58	5	87	1.6	7.4	8.9	1.7	0	0	0	5.6
4	58	5	88	0.8	4.2	2.7	0	0	0	0	2.5
4	58	5	89	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0.1
4	58	5	90	0.1	0.1	0.2	0	0	0	0	0.1
4	58	5	91	0.3	0.2	0.9	0	0	0	0	0.2
4	58	5	92	1.7	0.7	0.4	0	0.1	0	0	0.7
4	301	4	92	1.2	88.3	0	0.5	4.1	0.3	0	49.3
4	301	6	79	0	0	0	0	0	0	0	0
4	301	6	80	0.3	1.3	0.4	0	0	0	0	0.7
4	301	6	81	1	12.7	1.4	0	0	0.1	0	6.7
4	301	6	82	0.7	12.1	0	0.4	0.6	0.2	0	7.1
4	301	6	83	1	30.6	1.1	0.3	8	0.4	0.1	24.1
4	301	6	86	0	0	0	0	0	0	0	0
4	301	6	87	0.9	20.1	0	0.4	0	0	0	10.3
4	301	6	88	0.9	24.1	1.1	0	0.1	0	0	12.3
4	301	6	89	1.2	46.2	0	0.2	0.3	0	0	23.6
4	301	6	90	0	0	0	0	0	0	0	0
4	301	6	91	0.8	81.8	0	0	1.4	0.2	0	42.5
4	304	3	79	4	12.2	3.9	7.7	0.5	0	0	11.2
4	304	3	80	3	23.9	7.8	18.1	5.4	0	0	27.5
4	304	3	81	3.6	35.6	13.4	18.5	5.2	0.2	0	34.1
4	304	3	82	2.5	52.2	10.5	1.9	0	0.4	0.1	28.8
4	304	3	83	1	2.1	0.5	0.4	0	0	0	1.4
4	304	3	86	3.1	4.7	2.5	4.2	0	0	0	5
4	304	3	87	5.4	9.8	2.5	1.8	0.1	0	0	6.7
4	304	3	88	9.9	17.8	14.7	2.3	0	0	0	12.5
4	304	3	89	10.5	20.3	10	4	0	0	0.1	14.3
4	304	3	90	4.3	4.5	5.2	4.9	0.5	0.7	0.4	7.3
4	304	3	91	0	0	0	0	0	0	0	0
4	304	3	92	0	0	0	0	0	0	0	0
4	325	2	79	1.2	6.2	2.3	0.1	14.8	0	0	18.3
4	325	2	80	0.6	5.8	1.2	0	8	2.3	0	13.4
4	325	2	81	0.9	11.7	0.6	0	15	0.8	0	21.8
4	325	2	82	1	9.9	0.6	0	29.2	2.8	0	37.1
4	325	2	83	0	0	0	0	0	0	0	0
4	325	2	86	1.4	26.6	4.4	1	0	0	0	14.4
4	325	2	87	2	34.4	8.9	0.8	0	0	0	18.7
4	325	2	88	1.9	41.5	4.7	0.9	0	0	0	21.9
4	325	2	89	1.8	23.7	8.4	0.6	0.2	0	0	13.4
4	325	2	90	1	14	8.2	0.6	0	0	0	8.2
4	325	2	91	1.8	34.8	12.6	0.5	0.2	1.6	0	20.8
4	325	2	92	1.1	29.6	5.8	1.2	0	0	0	16.1
9	9	310	79	0.8	16.7	1.5	1.5	0	0	0	9.3
9	9	310	80	0.8	11.7	2.3	0.6	0	0	0	6.5
9	9	310	81	0.7	22.7	2	0.2	0	0	0	11.7
9	9	310	82	0.8	28.8	1.8	0.2	0	0	0	14.8
9	9	310	83	0	0	0	0	0	0	0	0
9	9	310	86	0.9	12.7	3	0.6	0	0.1	0	7.1

LIITE 3/4

piiri	tie	osa	vuosi	Poikki- halk kpl	Halkeamat m Pit.	sauma	Muu	Verkko halk. m2	Paikkaus m2	Reiat purkauma m2	Vaurio summa m2/100m
9	9	310	87	2	19.6	5.2	0.7	0.1	0.1	0	11
9	9	310	88	4.7	18.5	8.3	0.2	0	0	0	10.6
9	9	310	89	1.5	8.9	5.2	0	0.2	0	0	5.3
9	9	310	90	2.8	26.7	13	0	0.1	0	0	15
9	9	310	91	0.6	0	0.2	0	0	0	0	0.1
9	9	310	92	0.7	0	0	0	0	0	0	0.1
9	23	222	79	0.1	2.1	6	0.4	1	11.5	0	14.3
9	23	222	80	0.2	1.7	5	1	0.8	11.1	0	13.8
9	23	222	81	0.1	5	4.8	0	3.8	12.7	0	19.4
9	23	222	82	0.2	5.2	2	0.2	1	12	0	16
9	23	222	83	0.2	10.7	6.4	0.7	4.8	13.9	0	25.1
9	23	222	86	0.4	0	13	3.3	0	0	0	3
9	23	222	87	1.9	2.7	15.5	9.5	0	0	0	7.9
9	23	222	88	3.6	2.5	25.2	2.3	0	0	0	5.3
9	23	222	89	12.2	2	67	1.3	0	0	0	9.6
9	23	222	90	9	0.3	46	0.6	0	0	0	6
9	23	222	91	6.1	1.7	80	0	0	103.6	0	113.1
9	23	222	92	0	0	0	0	0	0	0	0
10	3	247	79	1.2	0	0	0	0	0	0	0.1
10	3	247	80	1.4	0.3	0.2	0	0	0	0	0.3
10	3	247	81	1.7	0.2	0	0.3	0	0	0	0.4
10	3	247	82	1.2	0	0	0	0	0	0	0.1
10	3	247	83	1.3	0.2	0.3	0	5.9	0	0	6.2
10	3	247	86	0	0	0	0	0	0	0	0
10	3	247	87	1.2	0	0	0	0	0	0	0.1
10	3	247	88	0	0	0	0	0	0	0	0
10	3	247	89	1.6	0	0.1	0	0	0	0	0.2
10	3	247	90	1.5	0.2	0.2	0	0	0	0	0.2
10	3	247	91	1.5	0	0.5	0	0	0	0	0.2
10	3	247	92	0	0	0	0	0	0	0	0
10	64	2	79	0.1	0.8	0.1	0.1	2.3	0	0.1	2.8
10	64	2	80	0.1	0.8	4.3	0	0	14.4	0	15.3
10	64	2	81	0	1.2	18.9	0	1.5	17	0	21.1
10	64	2	82	0	0.7	0.8	0	7	32.9	0	40.3
10	64	2	83	0	0	0	0	0	0	0	0
10	64	2	86	0.8	1.3	7.5	0	1.5	0	0	3
10	64	2	87	1.5	5.3	16	0	2.1	0	0.1	6.6
10	64	2	88	4.7	0	32.7	0	0.2	26	0	29.9
10	64	2	89	11.5	0	40.6	0	0.7	42.5	0	48.5
10	64	2	90	0	0.2	0	0	0	0	0	0.1
10	64	2	91	0.1	0	2	0	0	0	0	0.2
10	64	2	92	0.4	0.3	19	0	0	0	0	2.1
10	685	4	79	0.2	2.8	0.4	0.2	0	0	0	1.6
10	685	4	80	0.3	3.7	3.2	0.8	0	0	0	2.6
10	685	4	81	0.4	6.2	12.7	0.2	0	0	0	4.5
10	685	4	82	0.3	3.3	1.4	0.2	0	0	0	1.9
10	685	4	83	0.5	6.6	16.1	0.2	0.1	0.2	0	5.4
10	685	4	86	0.7	8	4.7	1.3	0.5	1.3	0	7
10	685	4	87	0.9	7.2	15.7	3	0.2	2.2	0	9.2
10	685	4	88	0	0	0	0	0	0	0	0
10	685	4	89	6.9	2.5	10.2	0	1.5	13.7	0	18.1
10	685	4	90	1	16.8	62.3	1.3	7.5	0.4	0	23.4
10	685	4	91	2.7	21.2	28.3	0	11.9	3.7	0	29.2
10	685	4	92	1.1	10	62	0	16.7	10.8	0	38.9
12	4	356	79	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	356	80	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	356	81	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	356	82	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	356	83	0.7	26	6.4	0.2	0	5.6	0	19.5
12	4	356	86	0.1	2.7	6.7	0	0	25.2	0	27.2
12	4	356	87	0.4	2.7	3.2	0	0	0	0	1.7
12	4	356	88	0.7	14.3	4.7	0	0	0	0	7.7
12	4	356	89	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	356	90	0.9	13.5	11	0	0	0	0	7.9
12	4	356	91	0.8	33	1.7	0	0	15.5	0	32.3
12	4	356	92	0.4	23.3	4.5	0	0	0	0	12.2

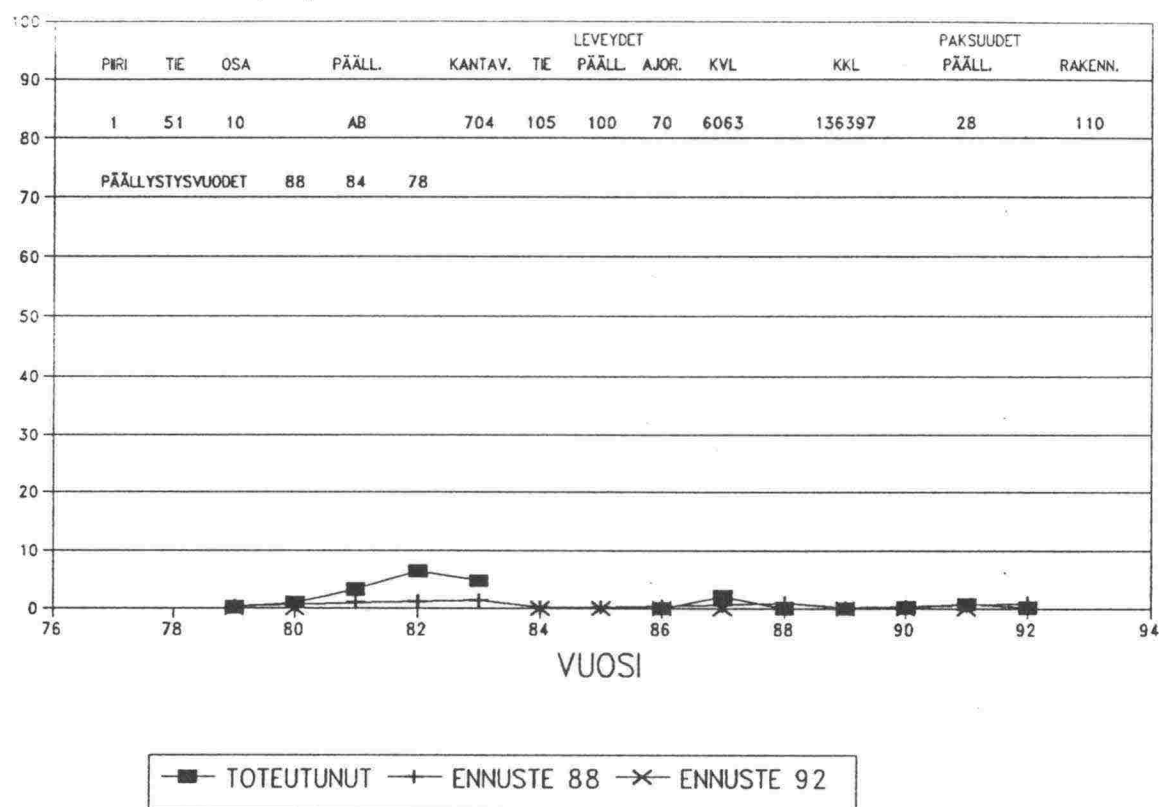
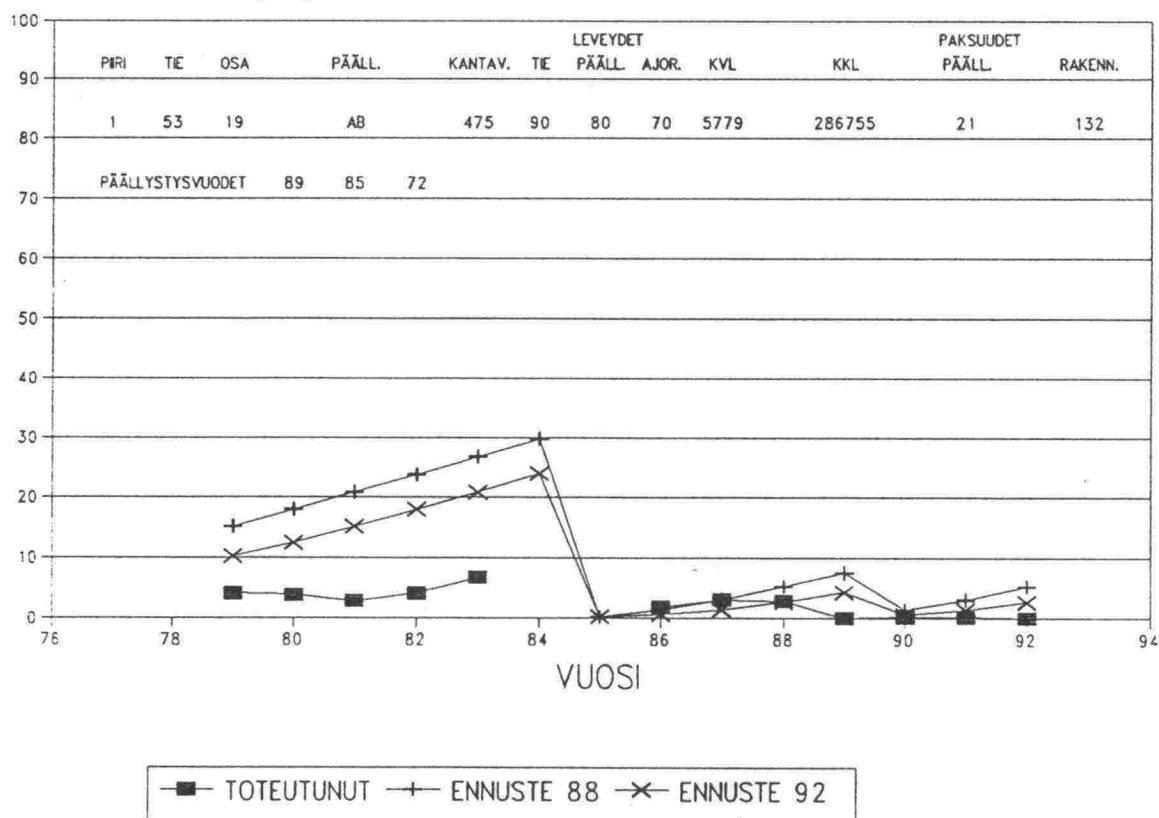
piiri	tie	osa	vuosi	Poikki- halk kpl	Halkeamat m Pit.	sauma	Muu	Verkko halk. m2	Paikkaus m2	Reiat purkauma m2	Vaurio summa m2/100m
12	4	414	79	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	414	80	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	414	81	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	414	82	0	0	0	0	0	0	0	0
12	4	414	83	4.4	1	23.5	2.7	0.1	39.1	0	43.9
12	4	414	86	2.4	1.2	0.3	0.3	0	0	0	1
12	4	414	87	6	13.5	0	2	0	0	0	8.3
12	4	414	88	4.2	1.3	14	1.6	0	0	0	3.3
12	4	414	89	6.3	19.3	8.8	0.5	0	0.5	0	11.9
12	4	414	90	7.6	24.2	40.4	3	0	0.2	0	18.6
12	4	414	91	7.3	31	3.3	0.5	0	0.7	0	17.5
12	4	414	92	5.6	2.7	5.9	0.6	0	53.3	0	56.1
12	20	12	79	0	0	0	0	0	0	0	0
12	20	12	80	0	0	0	0	0	0	0	0
12	20	12	81	0	0	0	0	0	0	0	0
12	20	12	82	0	0	0	0	0	0	0	0
12	20	12	83	0.7	26.1	0.8	0.1	0	0	0	13.2
12	20	12	86	1	0.7	0	0	0	0.5	0	0.9
12	20	12	87	2.6	8.3	2.3	5.7	0	0.8	0	8.3
12	20	12	88	9.5	30	1.7	0.8	0	0	0	16.5
12	20	12	89	4.4	36.5	0.5	0.5	0	0	0	19
12	20	12	90	4.6	36.8	0.7	0	0	0	0	18.9
12	20	12	91	2	0	22.3	0	0	0	0	2.4
12	20	12	92	2	22.7	0	0	0	0	0	11.6
12	20	31	79	0.7	1	0	0.3	0	0.2	0	0.9
12	20	31	80	1.1	2.3	1.7	0.6	0	0.3	0.1	2.2
12	20	31	81	0.6	8.2	0.8	0.8	0.4	0.1	0	5.1
12	20	31	82	1.1	4.8	1.2	0.8	3.2	0.8	0	7.1
12	20	31	83	1.2	4.1	2.3	0.7	0.8	4.3	0.3	8.1
12	20	31	86	0	0	0	0	0	0	0	0
12	20	31	87	0	0	0	0	0	0	0	0
12	20	31	88	0	0	0	0	0	0	0	0
12	20	31	89	0.1	2.3	0	0	0	0	0	1.2
12	20	31	90	1.5	0	0	0	0	0	0	0.2
12	20	31	91	3.4	0	3.7	0	0	0	0	0.7
12	20	31	92	3.5	5	0	0	0	0.1	0	3

piiri	tie	osa	vuosi	Poikki- halk kpl	Halkeamat m Pit.	sauma	Muu	Verkko halk. m2	Paikkaus m2	Reiat purkauma m2	Vaurio summa m2/100m
1	127	5	79	0	0	0	0	0	0	0	0
1	127	5	80	0	0	0	0	0	0	0	0
1	127	5	81	0	0	0	0	0	0	0	0
1	127	5	82	0	0	0	0	0	0	0	0
1	127	5	83	2.3	65.8	0.4	3.8	41.5	48	0	124.6
1	127	5	86	1.6	40.6	0	1.8	1.3	0	0.6	23.2
1	127	5	87	3	44.2	0.7	10.8	0.9	0.1	0.5	29.4
1	127	5	88	3.3	50.4	0	13.3	1.3	0	0	33.5
1	127	5	89	1.2	44	0.2	5.9	23.9	21.5	0	70.5
1	127	5	90	0	0	0	0	0	0	0	0
1	127	5	91	1.9	37.5	1.3	2.4	49.4	4.7	5.4	80.1
1	127	5	92	0	0	0	0	0	0	0	0
1	11609	1	79	0	0	0	0	0	0	0	0
1	11609	1	80	0	0	0	0	0	0	0	0
1	11609	1	81	0	0	0	0	0	0	0	0
1	11609	1	82	0	0	0	0	0	0	0	0
1	11609	1	83	1.2	57.6	0.9	0.8	7.9	1.9	0	39.2
1	11609	1	86	1	46.8	0	0.5	18.2	0.1	0.2	42.2
1	11609	1	87	2.2	76	0	2.1	83.1	1.6	0	124
1	11609	1	88	0	0	0	0	0	0	0	0
1	11609	1	89	1.7	54.8	0	0	149.2	1	0	177.8
1	11609	1	90	1.6	17.1	2	0.3	106.6	9.6	0.4	125.7
1	11609	1	91	1.7	22.9	0.7	2.8	87.1	9.7	1.1	111.3
1	11609	1	92	1.5	76	0	0.5	234.7	16.3	0	289.4
4	295	2	79	0.9	10	0.4	1.8	1.9	4.9	0	12.9
4	295	2	80	1.4	17.6	1.4	0.4	5.7	2.5	0.1	17.6
4	295	2	81	1.5	24.6	0.9	1.1	7.8	9.3	0	30.2
4	295	2	82	1.4	24	1.2	1.1	6.4	15.2	0.4	34.8
4	295	2	83	1.6	33.9	3	1.1	7.3	9.6	0	35
4	295	2	86	1	34.4	0	2.4	4.4	0	0.4	23.3
4	295	2	87	1.7	64.9	0	2.8	21.8	3.8	4.3	63.9
4	295	2	88	2	58.7	3.6	0	29.2	16	0.5	75.6
4	295	2	89	1.2	33.3	4.7	4.6	48.8	13.9	0	82.3
4	295	2	90	0	0	0	0	0	0	0	0
4	295	2	91	0	0	0	0	0	0	0	0
4	295	2	92	0	0	0	0	0	0	0	0
4	326	4	79	1.4	40.6	0.6	2.2	1.8	3.7	0	27.1
4	326	4	80	2.1	30.7	0.2	2.5	7	0.5	1.5	25.8
4	326	4	81	2.2	62.2	0.8	0.9	10	0	2.3	44.2
4	326	4	82	0.9	40.4	0	1.1	15.6	0.1	2.5	39
4	326	4	83	2.1	54.6	2.1	1.8	49	1.6	0.1	79.3
4	326	4	86	2	141.9	0	6.2	34.4	28.3	1	138
4	326	4	87	2.5	112.4	0	0	82.3	0.9	1	142.7
4	326	4	88	2.5	82.4	0	5.6	116.7	0.4	0.3	162.4
4	326	4	89	0	0	0	0	0	0	0	0
4	326	4	90	0	2.9	0	0	0	0	0	1.5
4	326	4	91	0.2	38.9	1.2	0.8	0.2	0	0	20.2
4	326	4	92	0.3	53.2	0	0	8.1	0	0	34.7
4	343	4	79	1.6	40.8	0.4	1.2	44.1	0.1	0	65.5
4	343	4	80	1.2	36.6	0	0.7	14	150.1	0	182.9
4	343	4	81	0.3	65.7	0	0	0.4	0	0	33.3
4	343	4	82	0.5	75.4	0	0	2.5	0	0	40.3
4	343	4	83	0.9	48.2	0.1	0.4	3.7	0	0	28.1
4	343	4	86	1.4	32.3	0	1.7	27	0.3	0.7	45.1
4	343	4	87	2.3	41.6	0	1.4	38.2	0.3	0.2	60.4
4	343	4	88	2.1	40.6	0	2.3	54.4	0.3	14	90.4
4	343	4	89	1.6	14.6	0	1.2	47.8	35	0	90.8
4	343	4	90	1.5	38.9	0	0	52.3	32.2	0	104.1
4	343	4	91	0	0	0	0	0	0	0	0
4	343	4	92	0	1.7	0	0	0	0	0	0.8
4	13697	1	79	0.1	0	0	0	0	0	0	0
4	13697	1	80	2.9	3	0	0.4	0.2	0	0	2.2
4	13697	1	81	2	4	0	0.6	0	0	0	2.5
4	13697	1	82	3	10.8	0	0.6	0.1	0	0.1	6.2
4	13697	1	83	3.3	19.7	0	0.8	0.4	0	0.1	11.1
4	13697	1	86	4.1	6.6	1.9	0.8	0.6	0.8	0.2	5.9

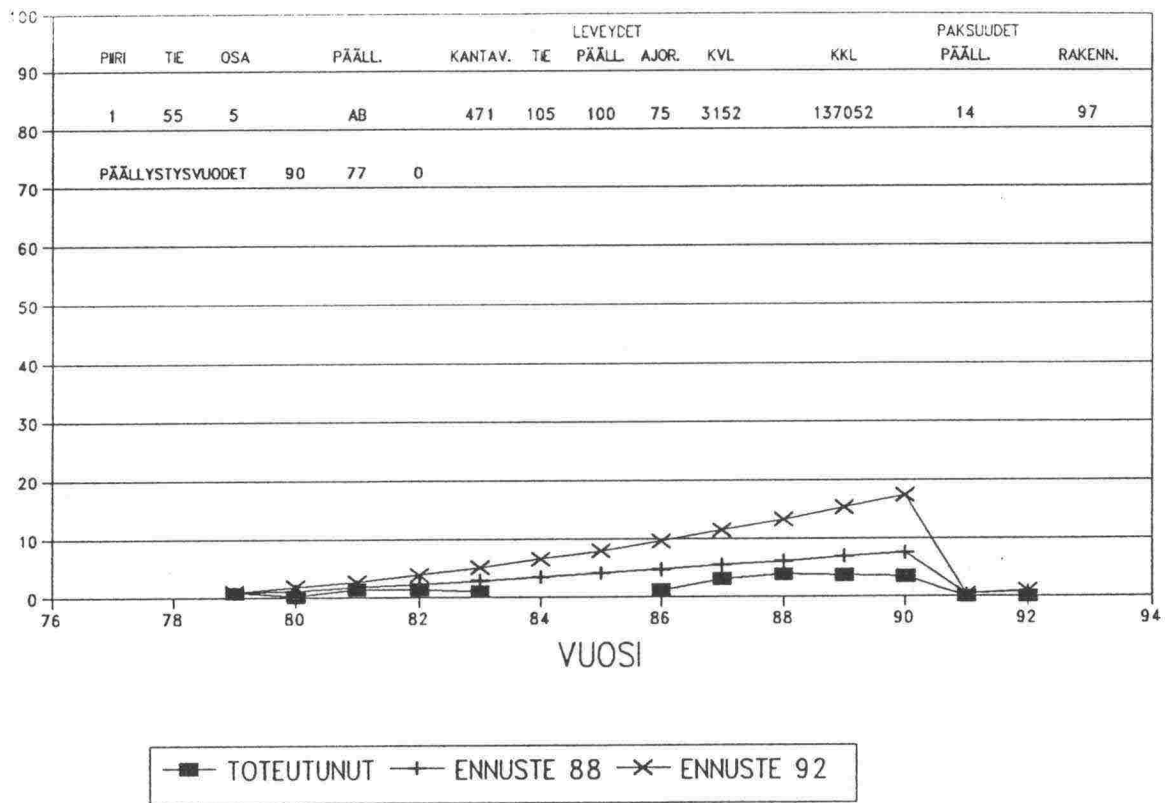
piiri	tie	osa	vuosi	Poikki-	Halkeamat m		Muu	Verkko	Paikkaus	Reiat	Vaurio
				halk. kpl	Pit.	sauma		halk. m2	m2	purkauma m2	summa m2/100m
4	13697	1	87	5.4	9.2	0.3	3.8	4	0	0.5	11.6
4	13697	1	88	3.8	21.6	0	1.6	13.4	2.9	0.3	28.5
4	13697	1	89	6.2	36.6	0	4.6	18.5	0.4	0.2	40.3
4	13697	1	90	3.2	25	0	8.3	29.1	0.9	1.5	48.5
4	13697	1	91	4.1	27.7	0.5	0	28.5	1.5	0	44.4
4	13697	1	92	4	21.5	1.1	1.3	81.6	0	0	98.6
4	13720	1	79	2.2	22.3	2.3	2.6	11.3	0.5	0	24.8
4	13720	1	80	2.6	16.6	4.2	3.7	39.6	0.1	3.8	54.4
4	13720	1	81	2.6	20.2	3.1	2.3	17.3	4.8	0	34
4	13720	1	82	2	15.3	2.7	1.9	32.5	0.6	0	42.2
4	13720	1	83	2.6	25.3	1.9	0.8	45.6	0	0	59.1
4	13720	1	86	1.7	29.3	9.2	2.2	0.1	0.1	0	17
4	13720	1	87	2.8	28.3	9.7	3.4	9.6	0	0	26.7
4	13720	1	88	3.5	26.1	5.7	5.1	12.1	0	0	28.8
4	13720	1	89	3.1	35	0	1.9	25	0.3	0.3	44.3
4	13720	1	90	0.3	25.8	0	5.4	20.1	0	0	35.7
4	13720	1	91	0.6	39	3.2	1.1	10.2	0.6	0	31.3
4	13720	1	92	0.9	28.1	0	3.5	28	0.6	0	47.1
9	348	7	79	0.1	0.4	0	0	0	0.6	0	0.8
9	348	7	80	1.3	7.2	0.7	0.4	3.9	0.5	0.3	8.7
9	348	7	81	1.1	23.5	0	0.3	6.6	6.8	0.6	26.1
9	348	7	82	1.5	19	0.4	0.5	14.5	11	0.1	35.6
9	348	7	83	1	19	0.7	0.4	11.3	2.7	6.4	30.3
9	348	7	86	1.4	38.4	0	2	41.6	18.7	1	81.6
9	348	7	87	0.9	16.5	0	0	11.3	0	0	19.7
9	348	7	88	0.9	9.5	0	1.4	26.2	0.1	0	31.9
9	348	7	89	0.8	3.2	0	0	46.4	3.2	22	113.8
9	348	7	90	0	0	0	0	0	0	0	0
9	348	7	91	0.5	16	0	0	0	0	0	8
9	348	7	92	0.6	32.2	0	0.5	0	0	0	16.4
9	446	5	79	0.1	3.1	0	0	0.2	0.2	0	1.9
9	446	5	80	0.6	32.5	1.7	0.7	4.5	0.8	0.1	22.1
9	446	5	81	1.3	42	2.5	0.1	6.4	0	0	27.8
9	446	5	82	1.7	53.1	9	0.4	8.3	0	0	36.1
9	446	5	83	1.6	50.8	7.2	0.3	32.3	0.2	0	59
9	446	5	86	2	97.3	0	0.9	55.3	0	0.3	104.9
9	446	5	87	2.4	114.7	0	0	78.6	0	0	136.2
9	446	5	88	4.1	126.2	3.6	0	95.1	0.7	0.4	160.1
9	446	5	89	0	0	0	0	0	0	0	0
9	446	5	90	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1
9	446	5	91	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1
9	446	5	92	0	0	0	0	0.1	12.2	0	12.2
9	775	27	79	0.1	0.5	0	0	0.4	0	0	0.6
9	775	27	80	0.3	5	0.4	0	3.7	0	0.1	6.4
9	775	27	81	0.4	4.5	0.2	0	8.2	0	0.1	10.6
9	775	27	82	0.4	3.2	0	0	3.9	19	0	24.6
9	775	27	83	0.4	14.5	1.1	0.2	14.9	26.2	0.1	48.8
9	775	27	86	0.8	7.3	0	1.2	22.9	0.1	0.1	27.4
9	775	27	87	1	6.3	0	8.1	22.5	0	0	29.8
9	775	27	88	0.9	5.9	0	2.9	33.5	0	0	38
9	775	27	89	0.9	11.3	0	0	121.7	6.4	0.1	133.9
9	775	27	90	1	5	0	0	124	0.4	17.3	144.3
9	775	27	91	0	0	0	0	0	0	0	0
9	775	27	92	0	1.6	0	0	0	0	0	0.8
10	17101	1	79	0	0	0	0	0	0	0	0
10	17101	1	80	0	0	0	0	0	0	0	0
10	17101	1	81	0	0	0	0	0	0	0	0
10	17101	1	82	0	1.2	0	0	29.9	3.3	0	33.8
10	17101	1	83	0	4.2	1.5	0	130.8	1.2	0.1	134.4
10	17101	1	86	0.5	0.9	0	0	246.8	2	1.3	250.6
10	17101	1	87	0.4	3	0	0	273.4	24.1	1.6	300.7
10	17101	1	88	0	0	0	0	0	0	0	0
10	17101	1	89	0	0	0	0	0.7	0.8	0.1	1.6
10	17101	1	90	0	0	0	0	10.2	1.8	2.7	14.7
10	17101	1	91	0	4.2	0	0	36.4	1	0	39.6
10	17101	1	92	0	0	0	0	0	0	0	0

piiri	tie	osa	vuosi	Poikki- halk kpl	Halkeamat m Pit.	sauma	Muu	Verkko halk. m2	Paikkaus m2	Reiat purkauma m2	Vaurio summa m2/100m
12	836	8	79	0.9	3.5	0	0.1	12.1	0.1	4.7	18.8
12	836	8	80	1.1	5.8	0	0.2	19.9	1.3	5.3	29.7
12	836	8	81	2.2	4	0.7	0.9	25.7	5.5	0.6	34.5
12	836	8	82	2.3	1.2	0	0.2	133.6	0.8	1.6	136.9
12	836	8	83	3.2	9.8	1.4	0.7	149.6	17.2	2.2	174.6
12	836	8	86	1.4	2.5	0	0.7	100.5	0	0.3	102.5
12	836	8	87	1.7	1	0	1.6	220.2	0	4.5	226.2
12	836	8	88	2.4	1.8	0	2.1	118.5	4.6	0	125.2
12	836	8	89	3.5	1.4	0	2.7	290.5	9.8	0	302.8
12	836	8	90	0	0	0	0	0	0	0	0
12	836	8	91	1.4	0	2.1	1.4	117.8	1.8	2.2	122.8
12	836	8	92	0.2	0	0	0.9	398.5	0	0	399
12	837	2	79	2.4	47.6	0	0	74.2	0.8	0	99
12	837	2	80	1.7	46.1	0.2	0.4	18.5	1.1	0	43.1
12	837	2	81	2.1	61.3	0	0.4	22.2	19.2	0	72.5
12	837	2	82	2.6	41.4	0	0.6	70.6	19.6	0	111.4
12	837	2	83	2.3	46.9	2.1	0.2	16.8	275.5	0	316.3
12	837	2	86	2.1	38	1.1	0	23.7	26.3	0.1	69.5
12	837	2	87	0.4	21.1	0	0	83.5	278.5	0	372.6
12	837	2	88	2.6	12.2	0	0.8	1	229.6	0	237.3
12	837	2	89	2.1	15.8	0	0	144.3	14.3	0	166.7
12	837	2	90	2.3	19.2	0	0	209.4	265.3	0	484.6
12	837	2	91	0.5	0.3	8.8	0	0	0	0	1.1
12	837	2	92	0.8	13.9	0.2	0	0	0.1	0	7.1
12	840	7	79	0	0	0	0	0	0	0	0
12	840	7	80	0	0	0	0	0	0	0	0
12	840	7	81	0	0	0	0	0	0	0	0
12	840	7	82	0.3	0	0	0	0	0.2	0.1	0.3
12	840	7	83	0.6	1.6	0	0	0	8.6	0	9.4
12	840	7	86	2	0	0	0	18.9	0.8	0.2	20
12	840	7	87	1.4	0	0	0	17.5	0.6	0	18.2
12	840	7	88	1.5	0	0	0	8.9	0	0	9.1
12	840	7	89	1.9	1.9	0.2	0	19.1	3.3	0	23.6
12	840	7	90	1.8	1.6	0	0	27.8	1.3	1.5	31.5
12	840	7	91	2	0	3.7	0	28.7	2	0.3	31.6
12	840	7	92	1.8	1.9	0	0	54	0.6	0	56.3
12	866	1	79	1.7	3	0	0	84.5	0.8	0.6	87.5
12	866	1	80	0.6	1.9	0	0	8.8	0.2	0.2	10.3
12	866	1	81	0.4	1.3	0	0	3.6	1.3	0.1	5.7
12	866	1	82	0.6	5.5	0	0	4.9	0.8	0.1	8.6
12	866	1	83	0.4	2.3	0.1	0	8.7	54.6	0.2	64.6
12	866	1	86	2	5.6	0	0	41.6	0	0.1	44.7
12	866	1	87	1.7	0	0	0	36.5	0.4	0	37.1
12	866	1	88	2.1	0	0	0	33.5	0.4	1.5	35.5
12	866	1	89	1.4	0	0	0	17.1	3.9	0	21.1
12	866	1	90	1.7	0.6	0	0	45.2	9.7	2.8	58.1
12	866	1	91	1.8	0	0.8	0	91.7	6.6	6.7	105.3
12	866	1	92	1.7	0	0	0	40.3	30.1	0	74.4
12	8641	1	79	1.9	22.1	0	0	88.8	8.6	0.3	109
12	8641	1	80	2.7	3.6	10.9	0	149.3	16.4	3.4	172.3
12	8641	1	81	2.5	11.5	17.6	0	117.9	4.1	0.8	130.5
12	8641	1	82	2.3	7.7	21.6	0	141.5	3.3	1.6	152.6
12	8641	1	83	2.3	8.7	24.5	0	116	6.6	0.6	130.3
12	8641	1	86	2.2	17.8	7.2	0	212.1	0	0.6	222.5
12	8641	1	87	2.7	28.8	0	0	296.3	1.4	17.5	329.9
12	8641	1	88	0	0	0	0	0	0	0	0
12	8641	1	89	0	0	0	0	0	0	0	0
12	8641	1	90	0	0	0	0	0	0	0	0
12	8641	1	91	0.3	0	0	0	0	0	0	0.1
12	8641	1	92	0.6	0	0	0	0	0	0	0.5

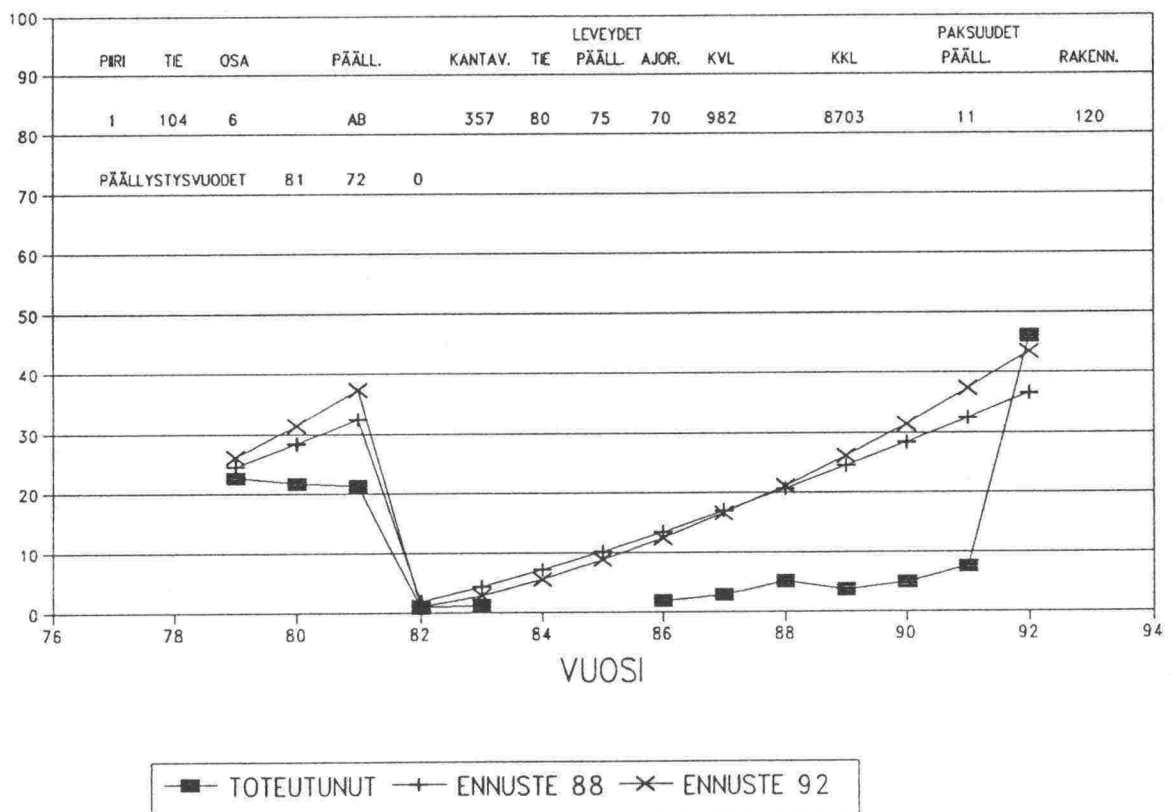
LITE 4

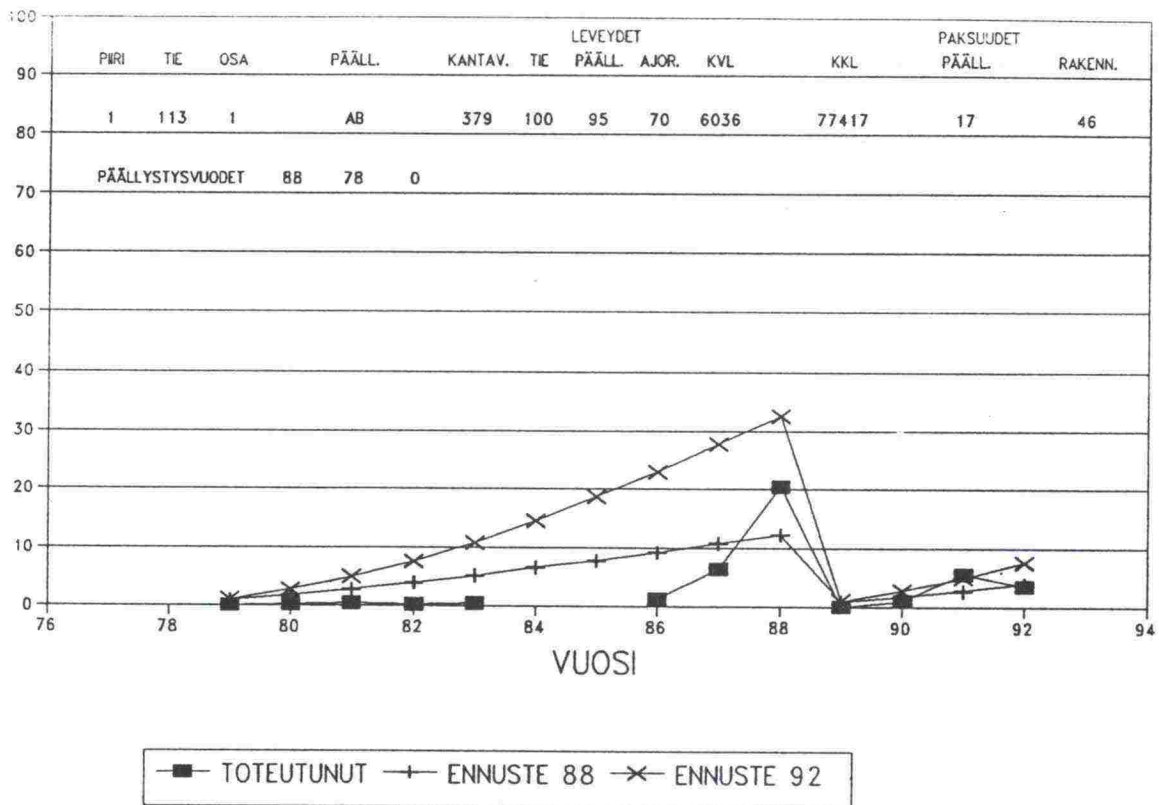
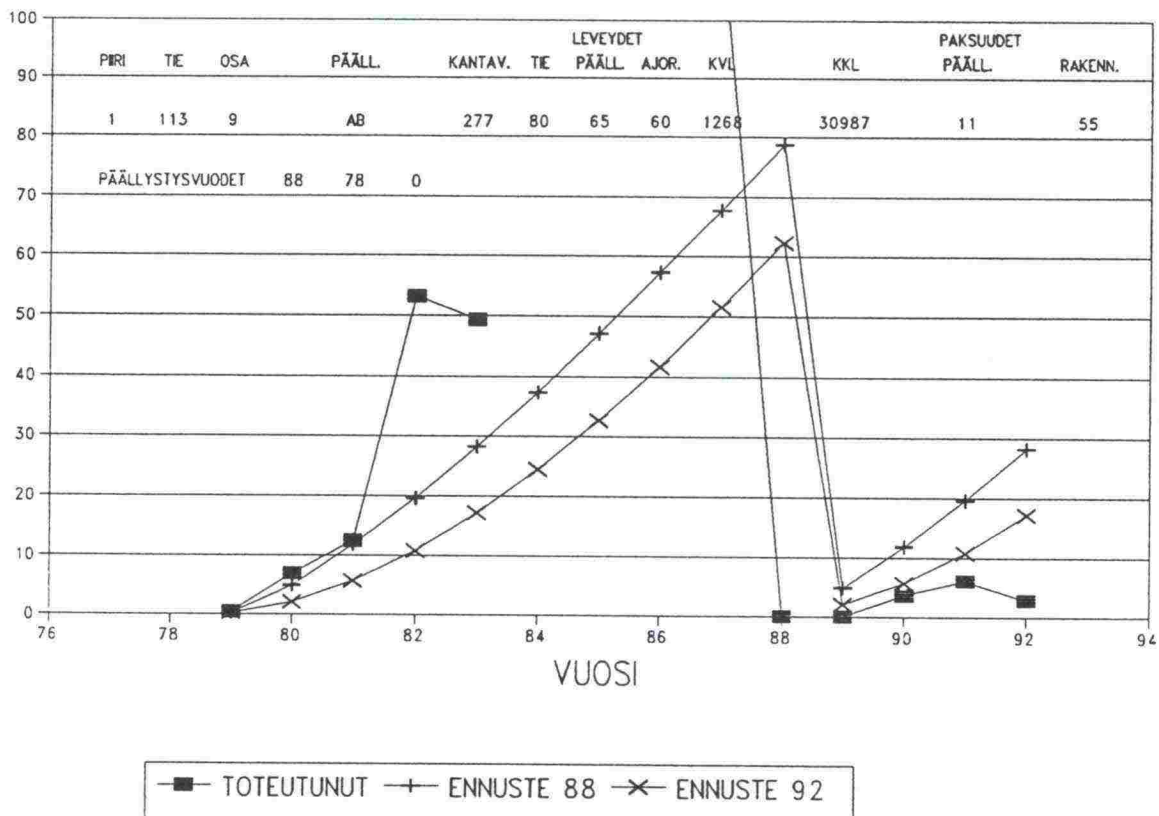
VAURIOSUMMA (m²)VAURIOSUMMA (m²)

VAURIOSUMMA (m²)

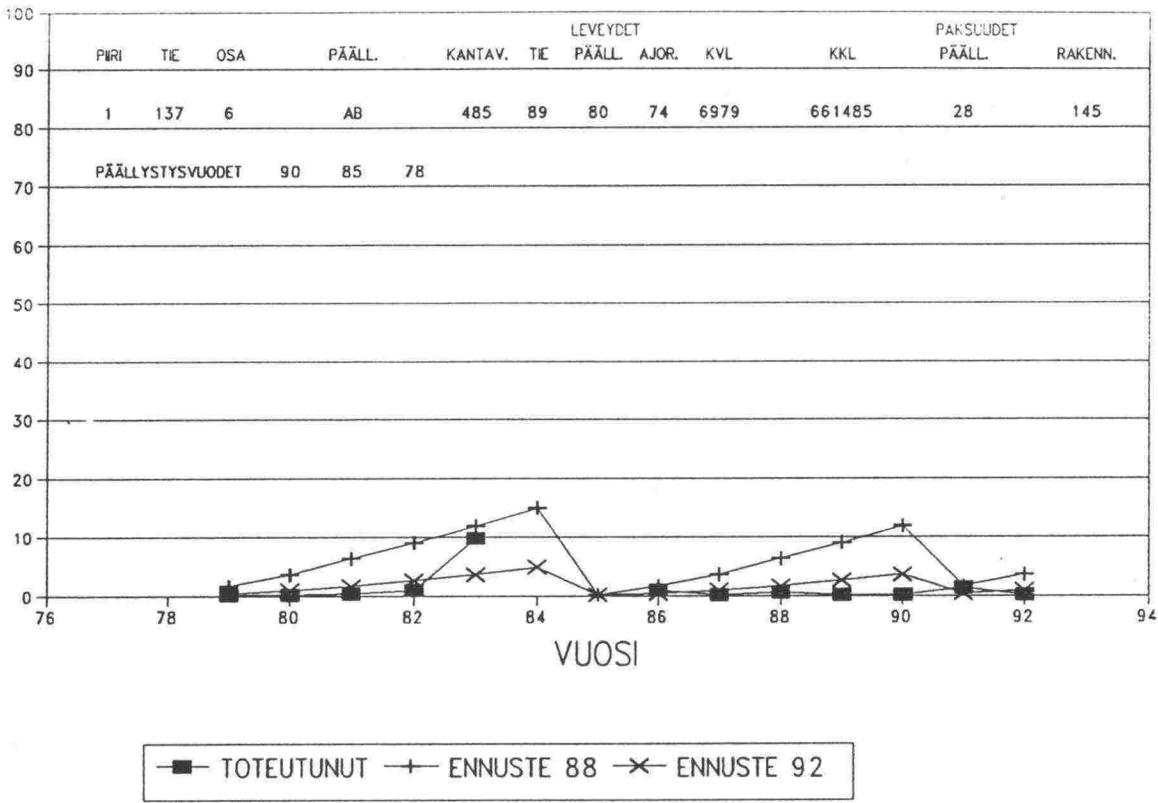


VAURIOSUMMA (m²)

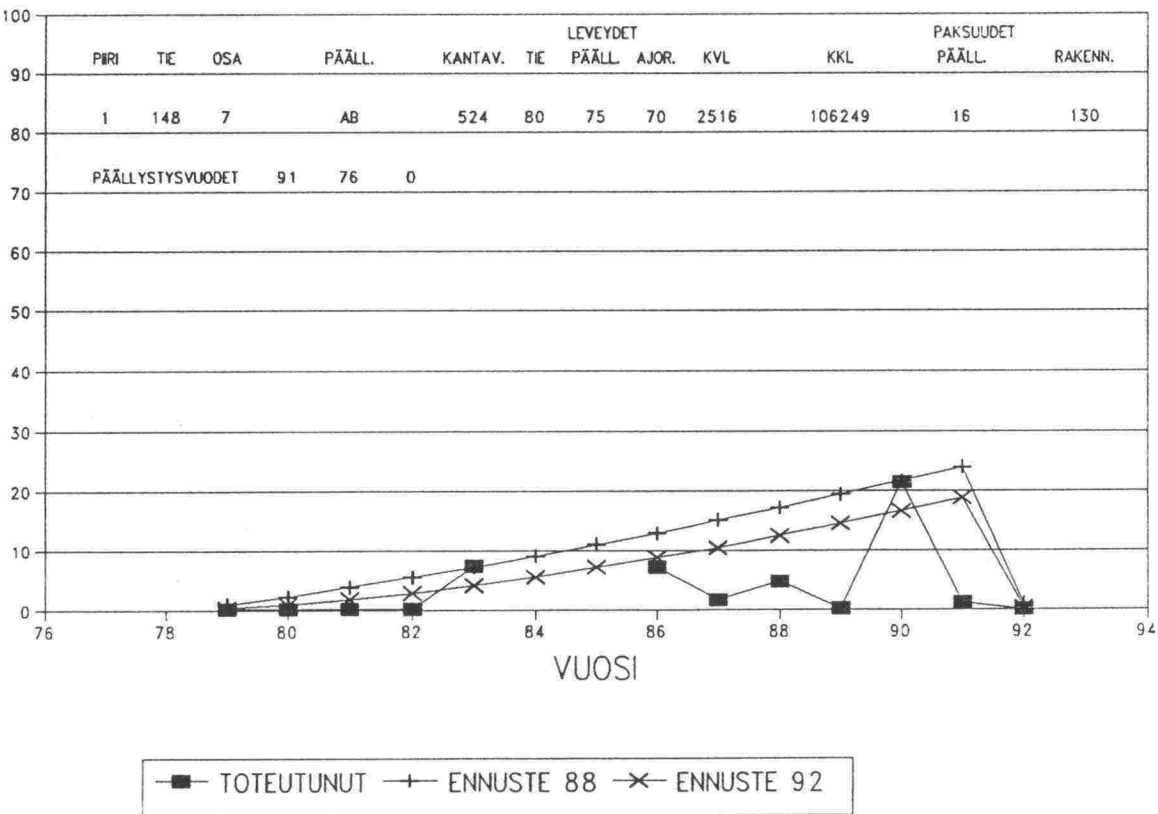


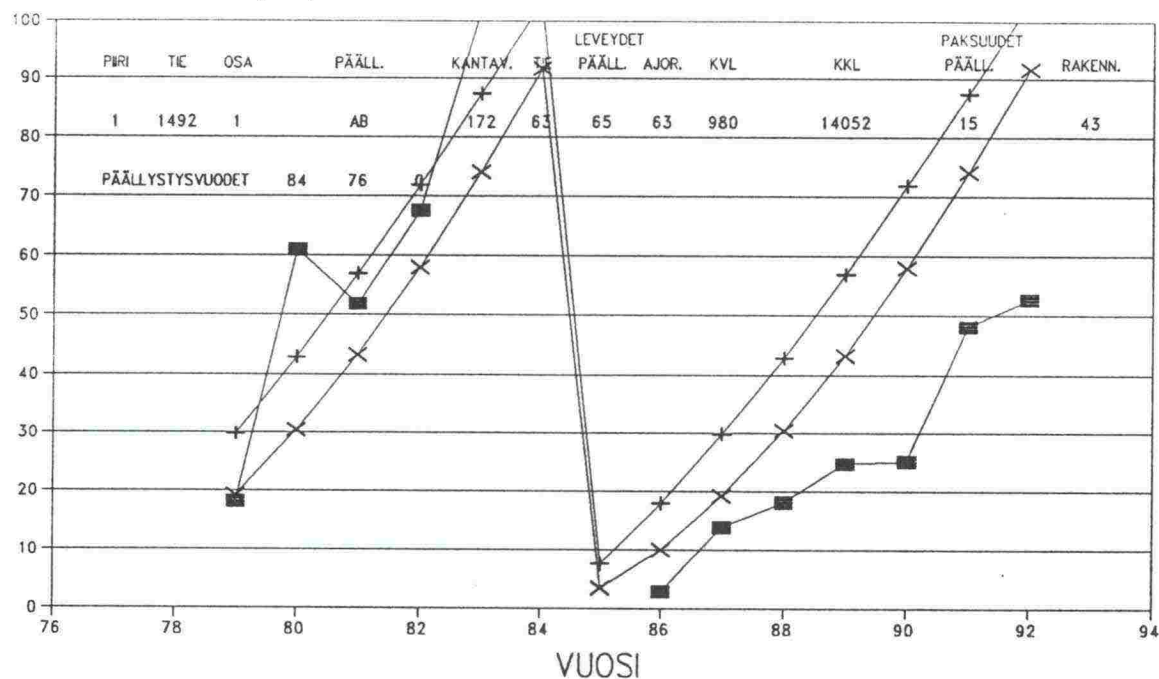
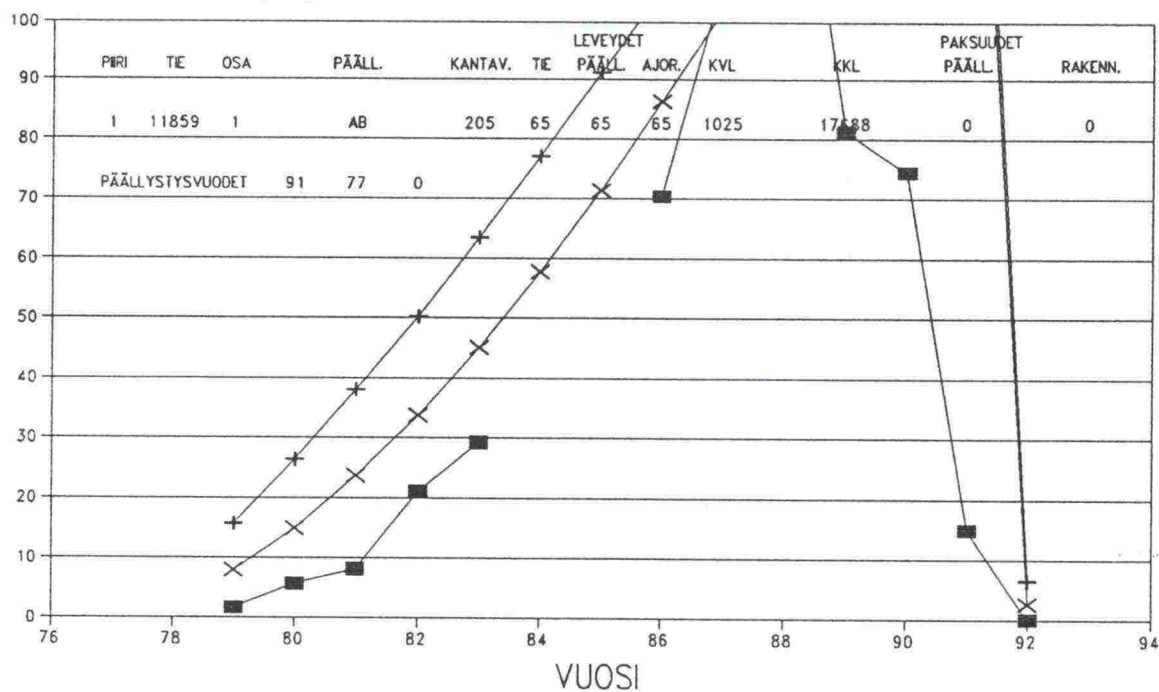
VAURIOSUMMA (m²)VAURIOSUMMA (m²)

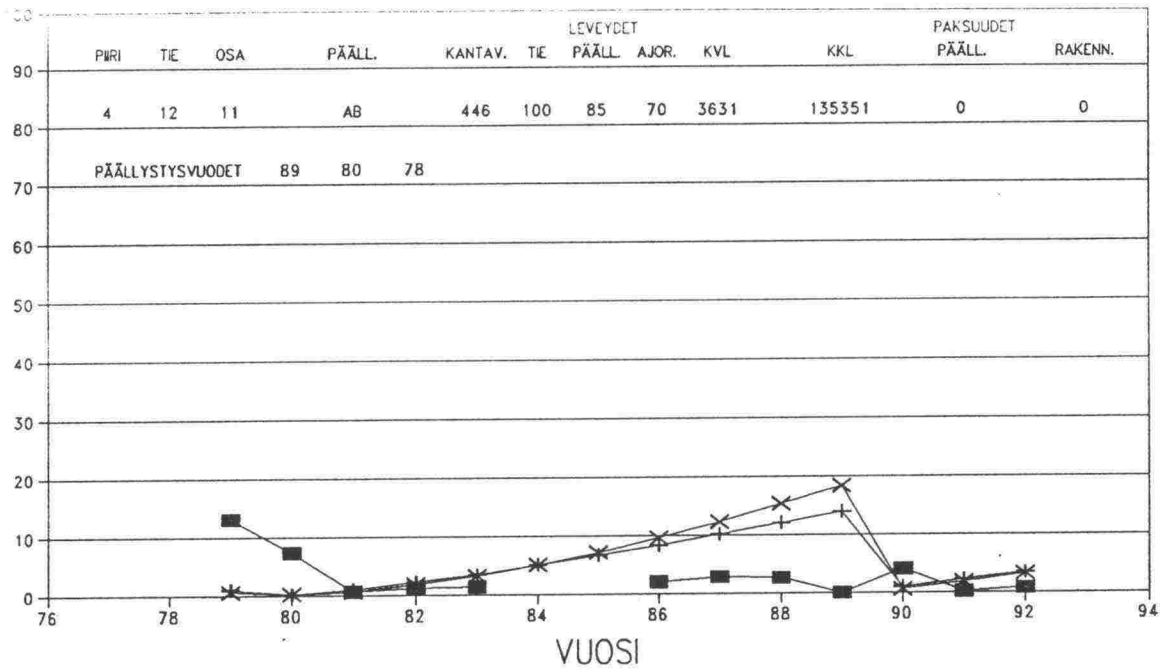
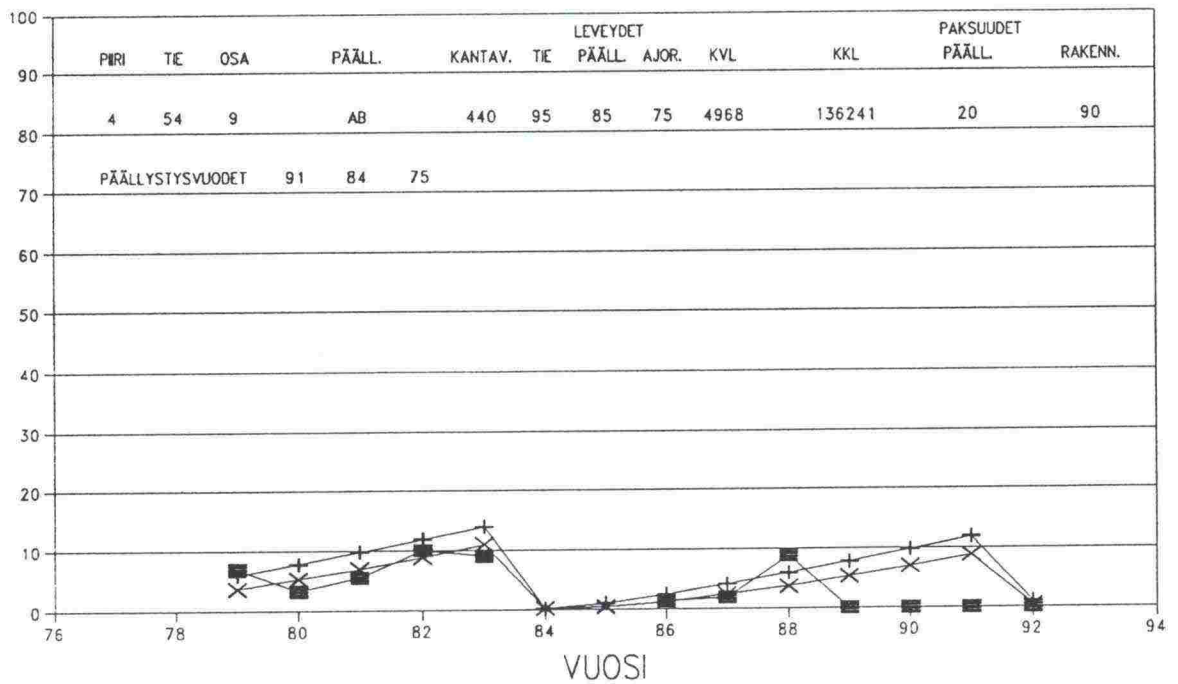
VAURIOSUMMA (m²)



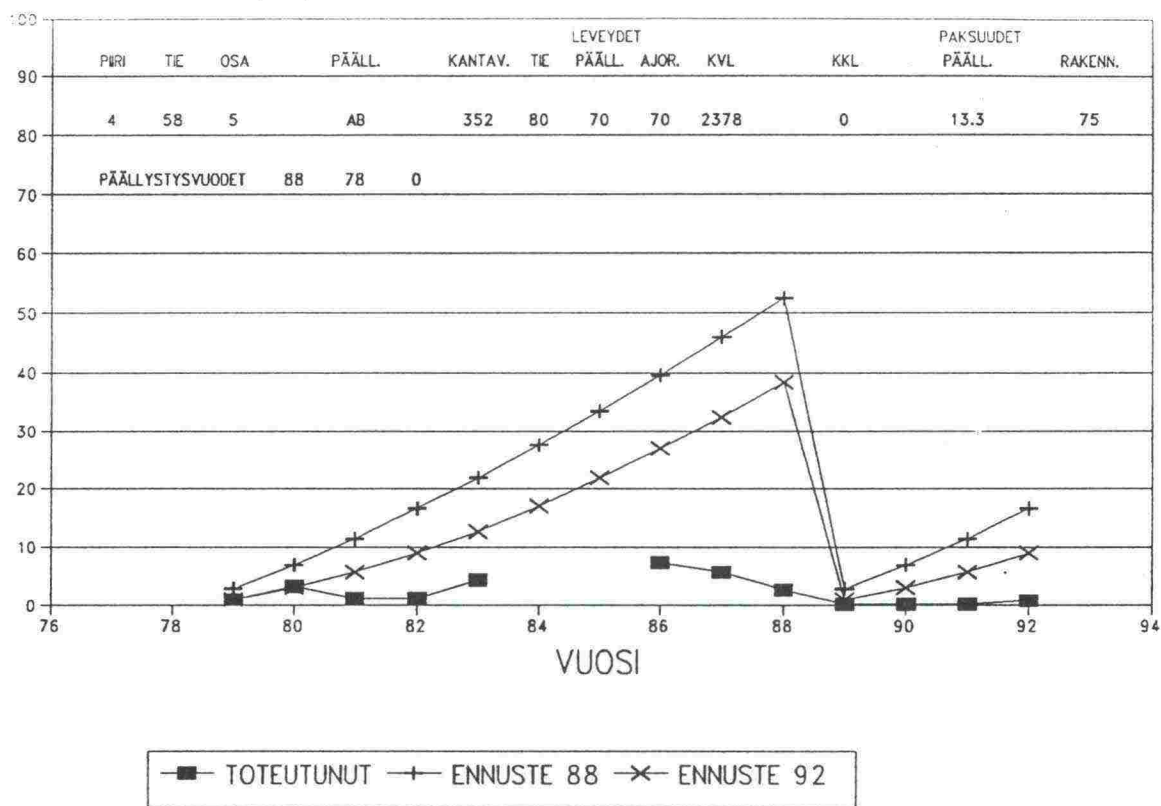
VAURIOSUMMA (m²)



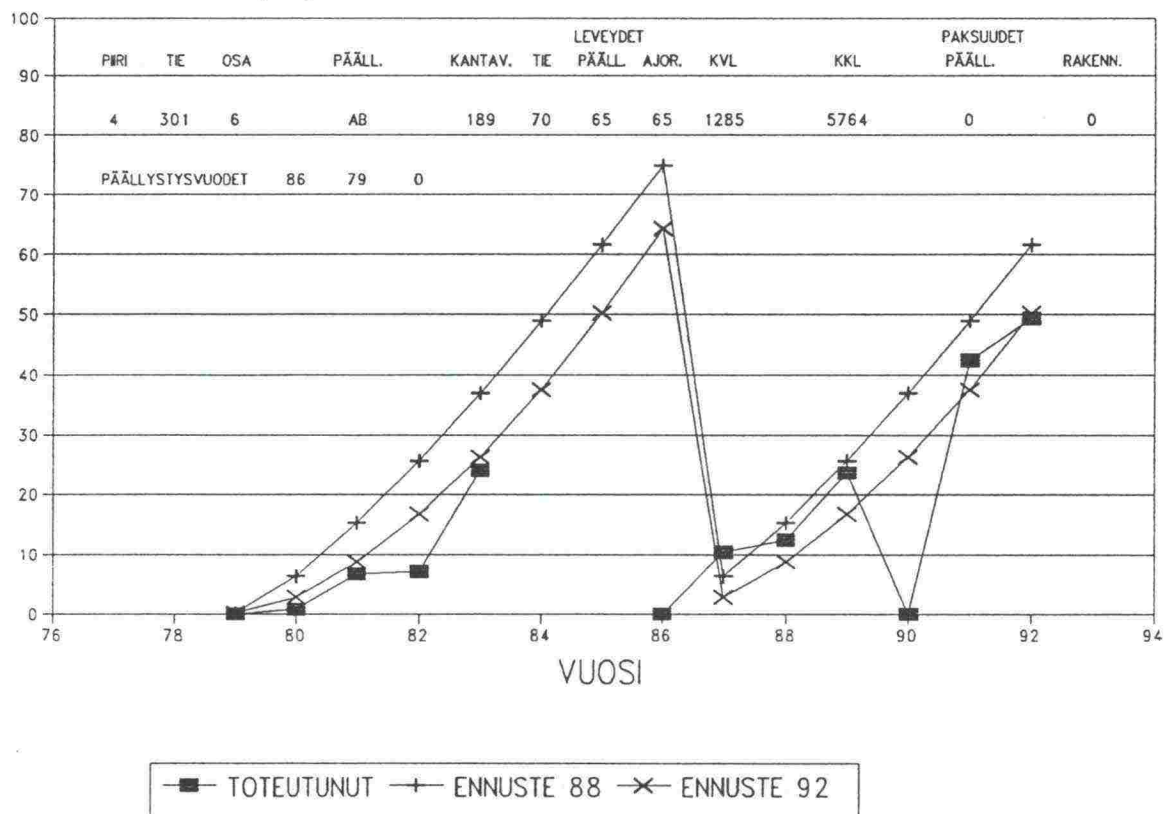
VAURIOSUMMA (m²)

VAURIOSUMMA (m²)


VAURIOSUMMA (m²)

VAURIOSUMMA (m²)


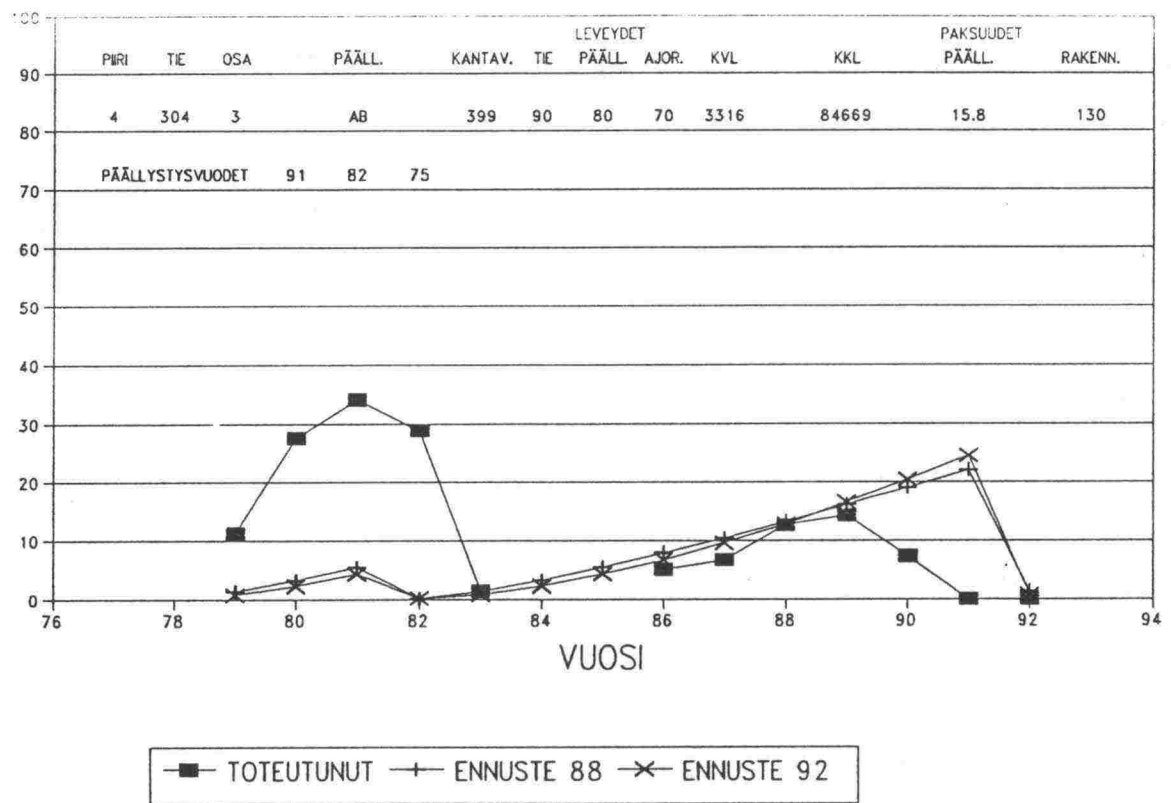
VAURIOSUMMA (m²)



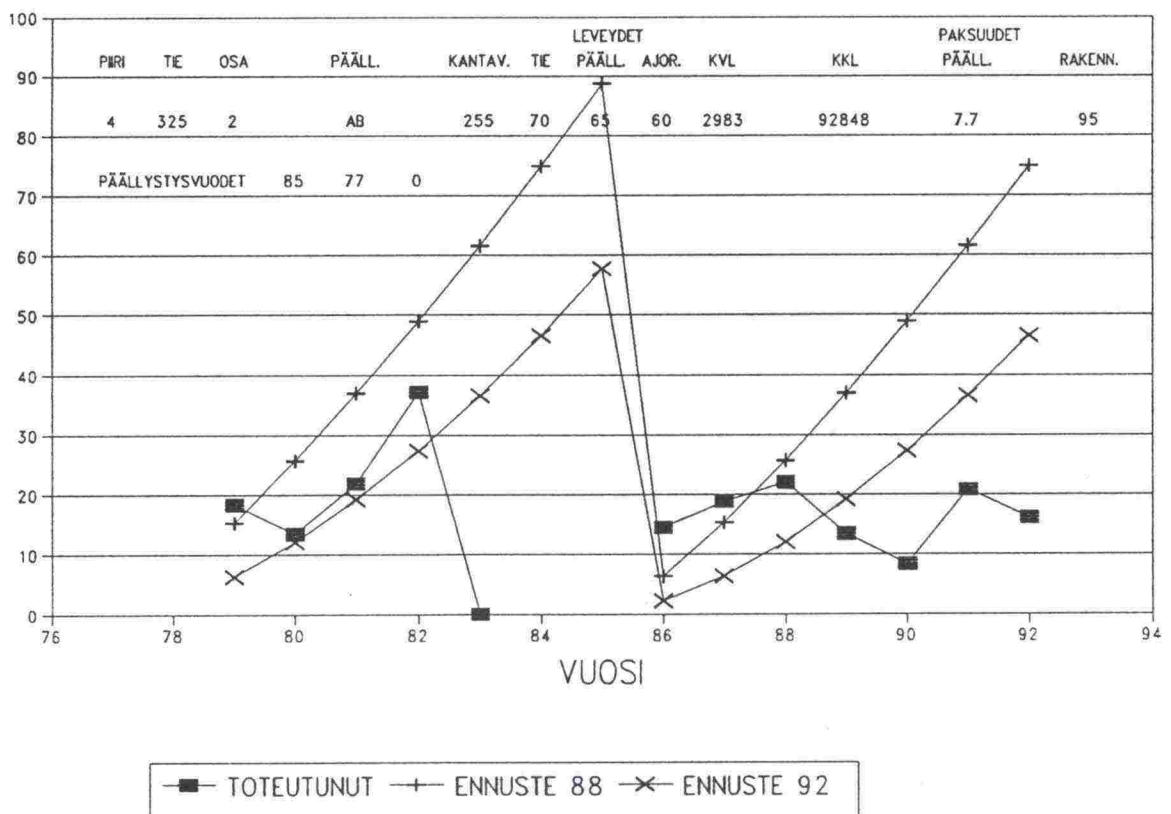
VAURIOSUMMA (m²)



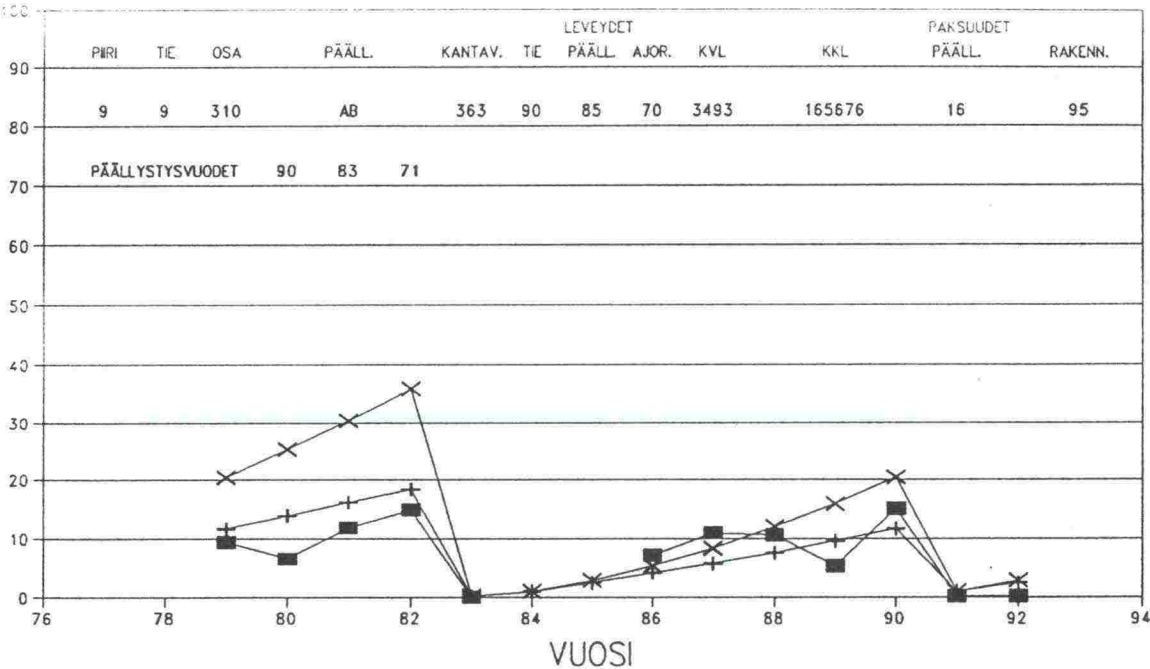
VAURIOSUMMA (m²)



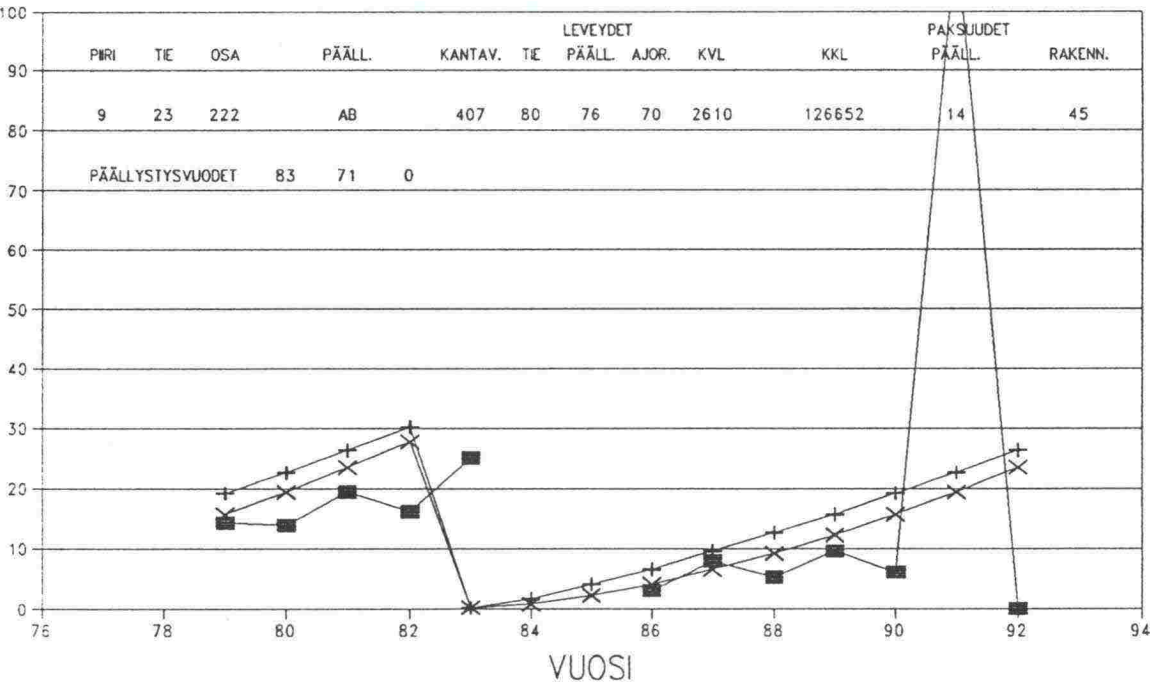
VAURIOSUMMA (m²)



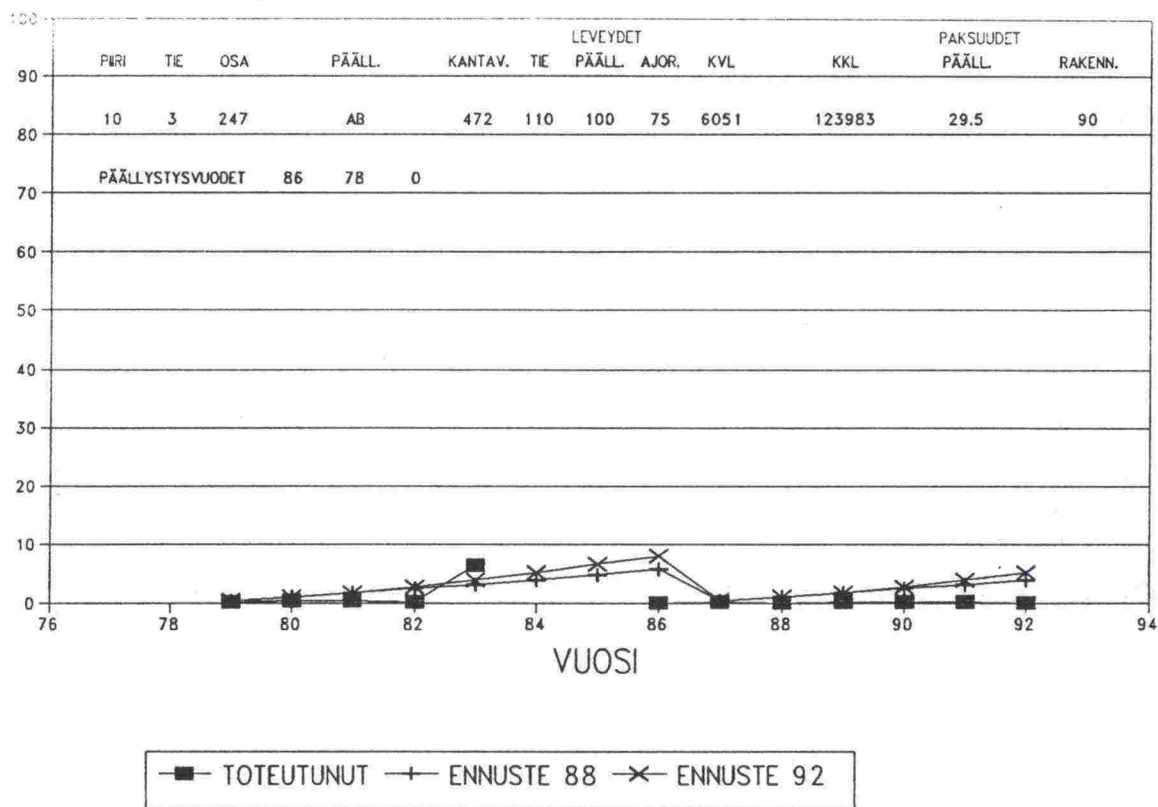
VAURIOSUMMA (m²)



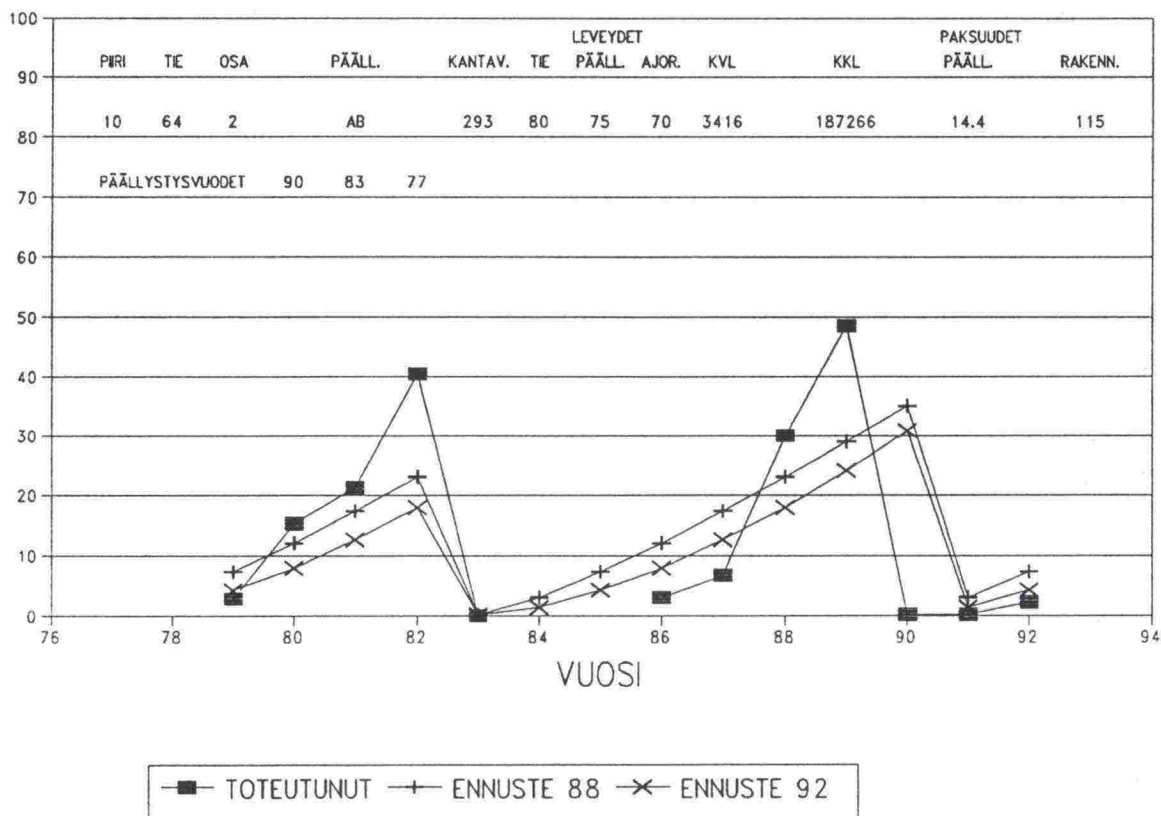
VAURIOSUMMA (m²)



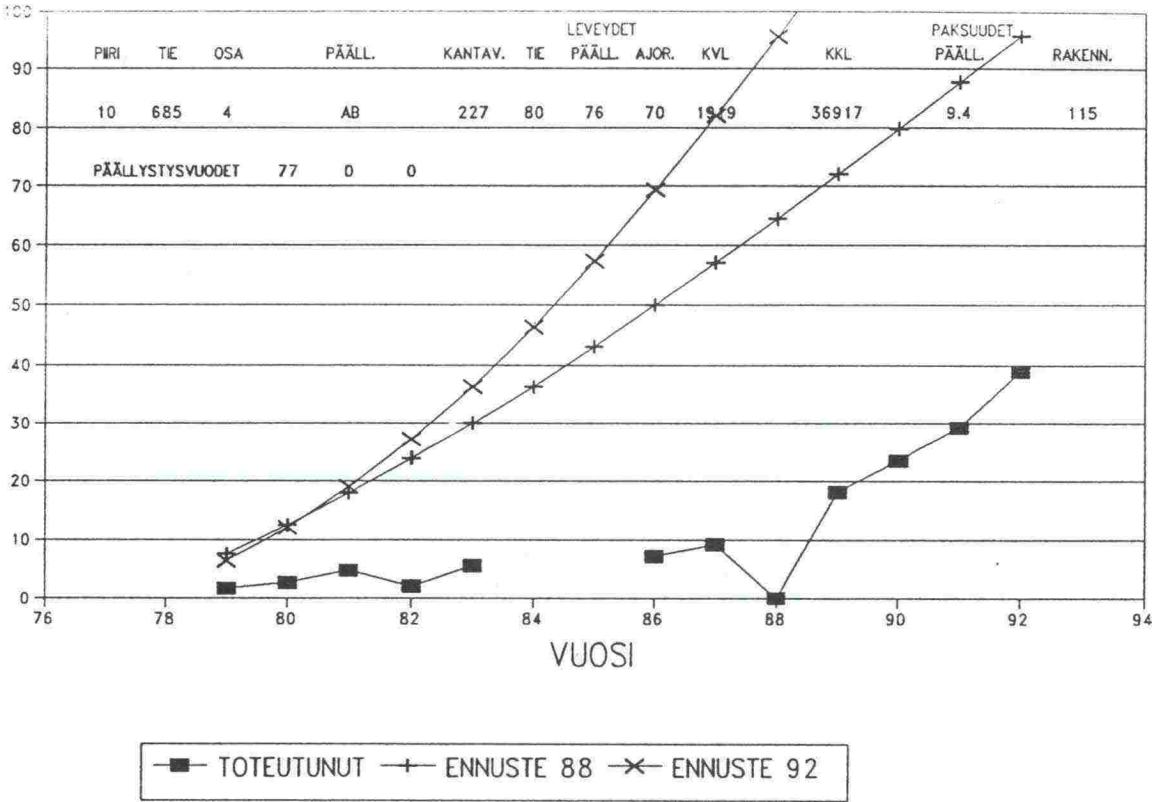
VAURIOSUMMA (m²)



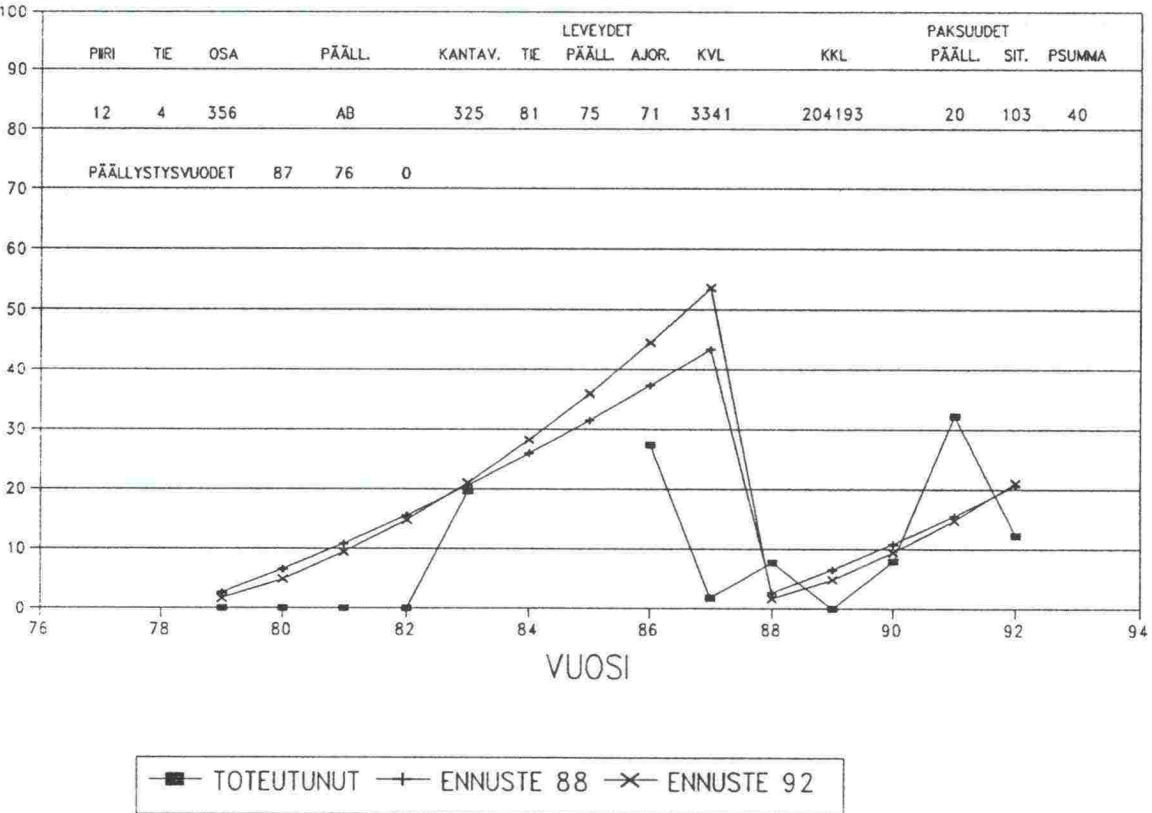
VAURIOSUMMA (m²)



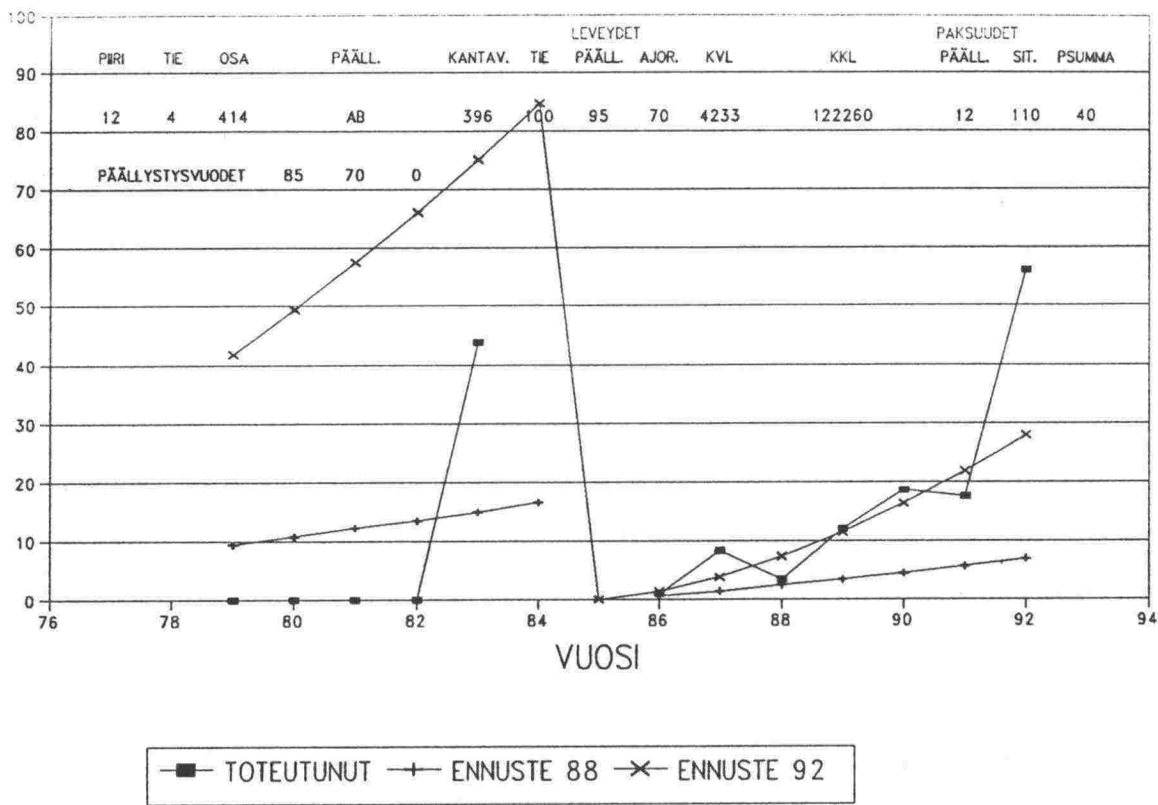
VAURIOSUMMA (m²)



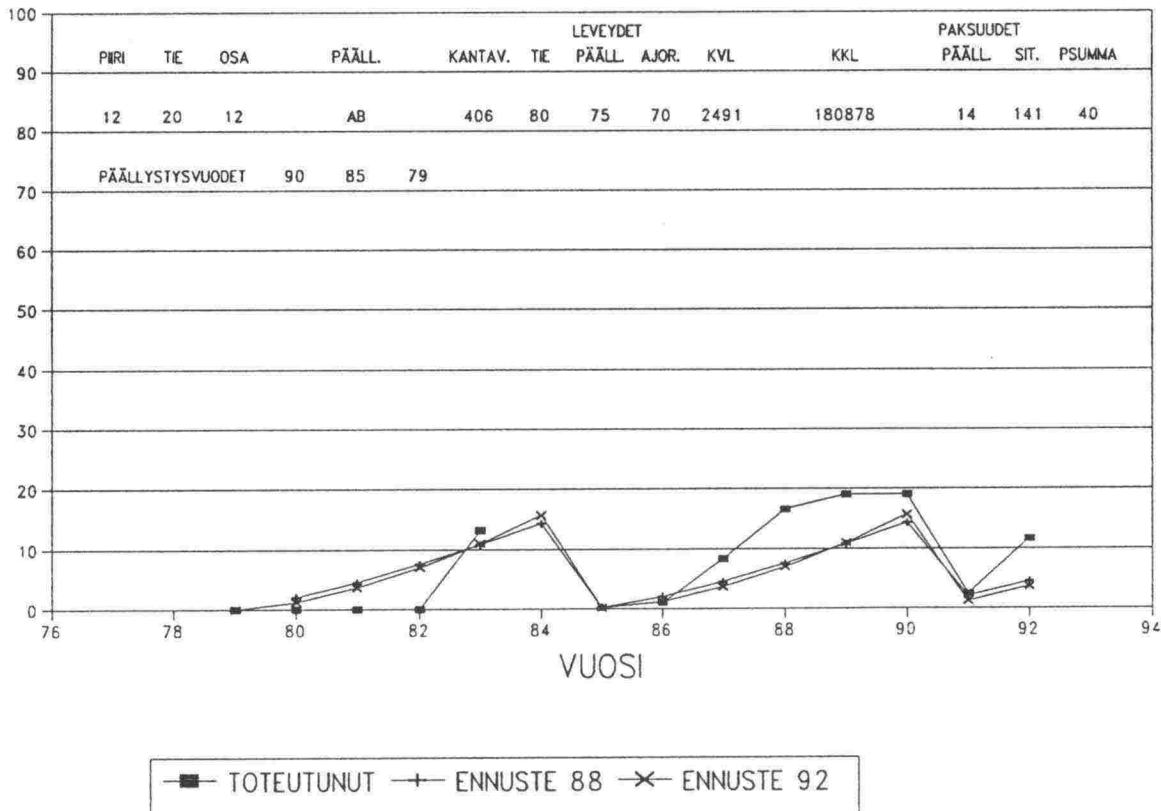
VAURIOSUMMA (m²)

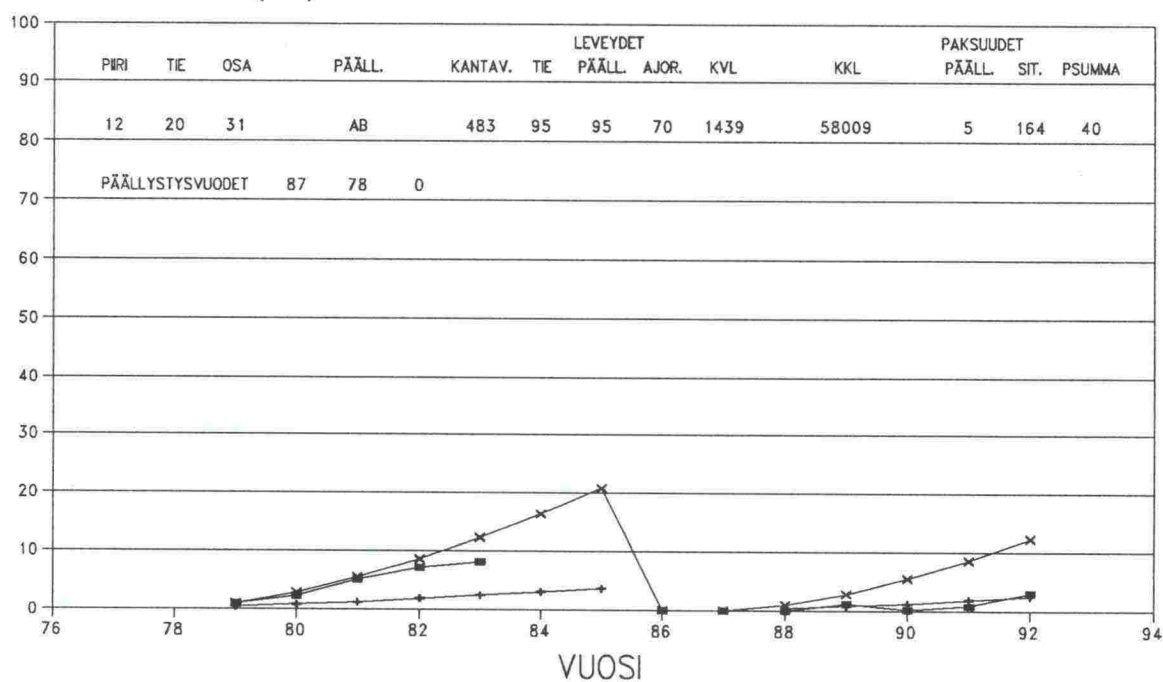


VAURIOSUMMA (m²)

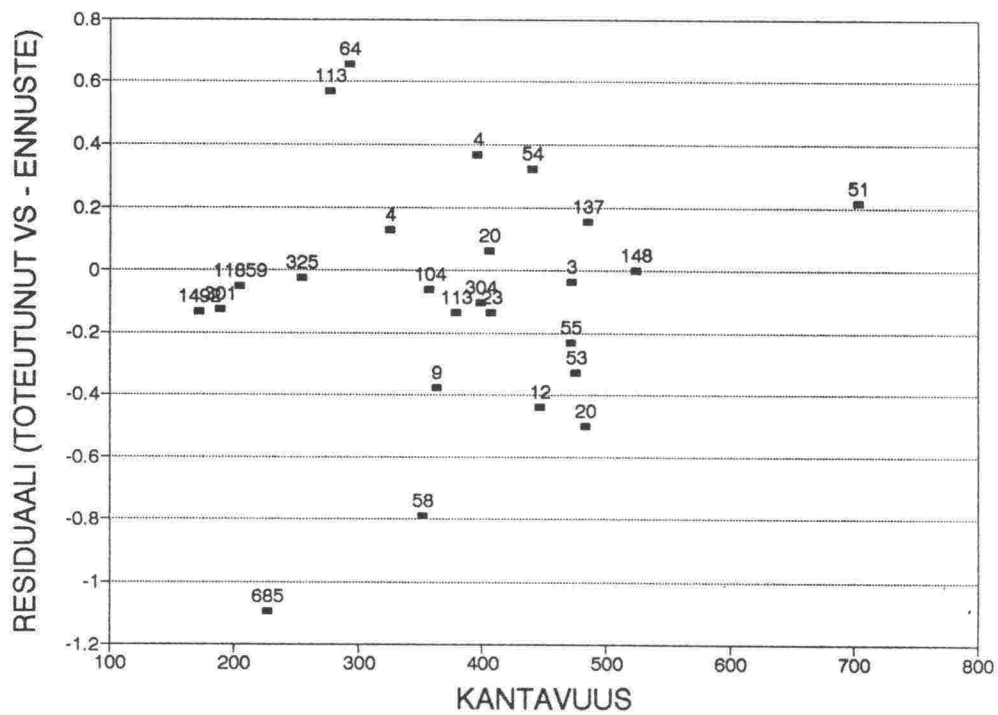
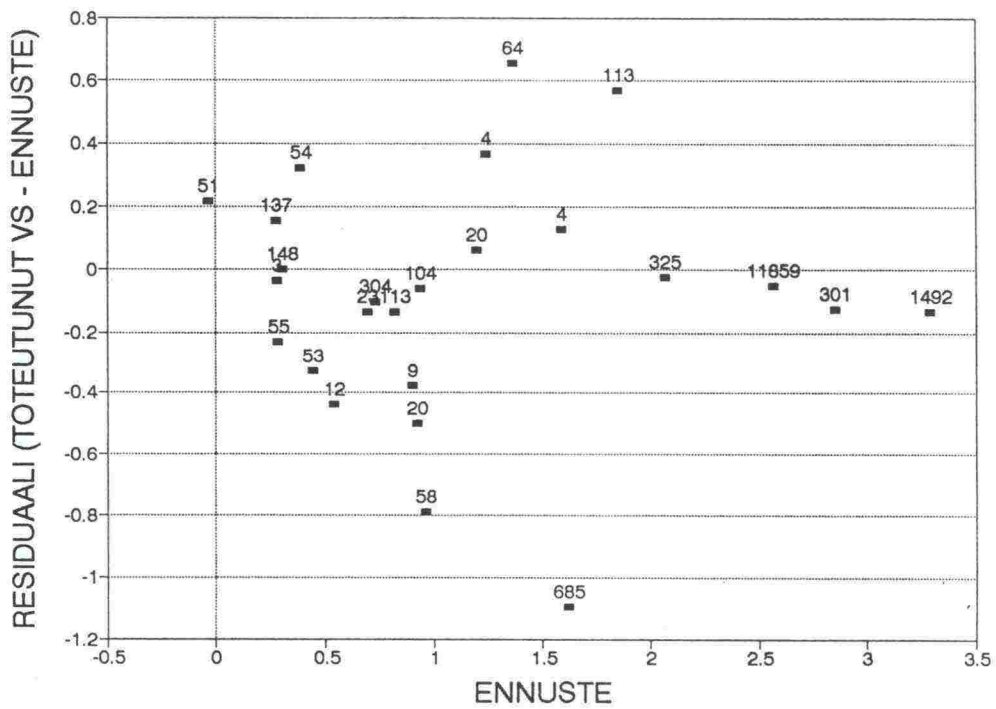


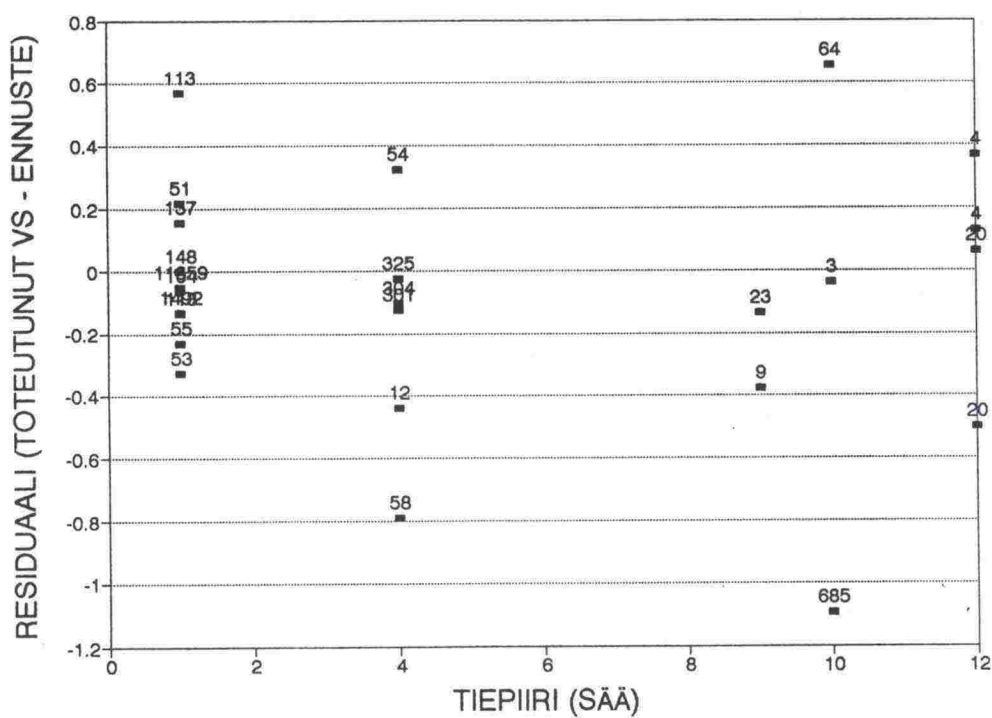
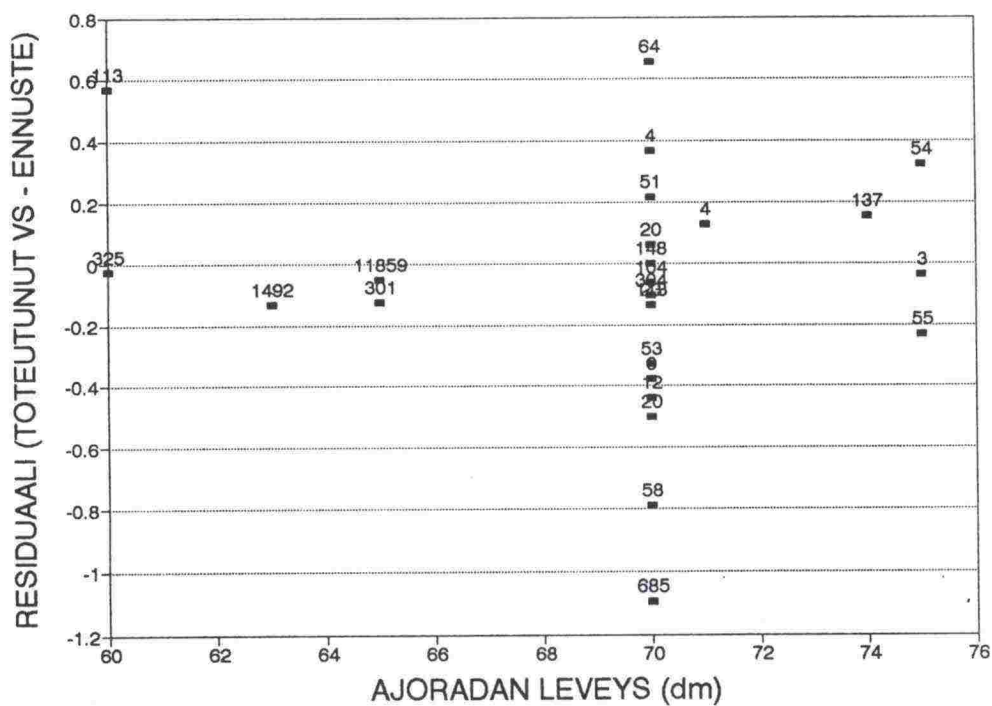
VAURIOSUMMA (m²)



VAURIOSUMMA (m²)


TOTEUTUNUT
 ENNUSTE 88
 ENNUSTE 92





Tilastomuuttujien selitykset:

A1 = PIIRI
 A2 = TIE
 A3 = TIEOSA
 A4 = PÄÄLLYSTETYYPPI (AB=1, ÖS=2)
 A5 = KANTAVUUS (PUDOTUSPAINOLAITE)
 A6 = PAKKASSUMMA /1000

SÄÄÄLUEET

A7 = UUSIMAA, A8 = HÄME, K-SUOMI, K-POHJANMAA, A9 = OULU,
 A10 = UUSIMAA, A11 = HÄME, K-SUOMI A12 = K-POHJANMAA,
 A13 = OULU

A14 = MAX PÄÄLLYSTEEN ALAPINNAN VENYMÄ
 A15 = PÄÄLLYSTEEN ALAPINNAN VENYMÄ
 A16 = PÄÄLLYSTEEN ALAPINNAN VENYMÄ
 A17 = POHJAMAAN PAINUMA
 A17 = POHJAMAAN PAINUMA
 A19 = KEVÄTKANTAVUUSKERTOIMELLA KORJATTU A5
 A20 = A5 MUUNNETTU LEVYKUORMITUSLAITTEEKSI
 A21 = TIEREKISTERIN KANTAVUUSARVO
 A22 = KEVÄTKANTAVUUSKERROIN
 A23 = TAVOITEKANTAVUUS
 A24 = TIEN LEVEYS (DM)
 A25 = AJORADAN LEVEYS (DM)
 A26 = PIENTAREEN LEVEYS (DM)
 A27 = PÄÄLLYSTEEN LEVEYS (DM)
 A28 = KVL
 A29 = (HA + PA) %
 A30 = KKL
 A31 = PÄÄLLYSTEEN PAKSUUS (MM)
 A32 = SITOMATTOMIEN KERROSTEN PAKSUUS (MM)
 A33 = S
 A34 = SCI
 A35 = BCI
 A36 = AREA
 A37 = VIIMEINEN VAURIOITUMISEN KULMAKERROIN
 A38 = VAURIOITUMISEN KULMAKERROIN KA
 A39 = PUDOTUSPAINOMITTAUKSEN KUORMA
 A40 - A46 = GEOFONIEN TAIPUMAT 0, 20, 30, 45, 60, 90 JA 150 CM
 B5 = 1/A5
 B19 = 1/A19
 B28 = (100-A29)*A28/100
 B30 = LOG(A30)
 B3132 = A31 + A32
 B33 - B36 = 1/A33 ..
 A47 = KANTAVAN KERROKSEN PAKSUUS
 B23 = A23/A5

Variable	Cases	Mean	Std Dev
A5	25	380.0800	121.6730
A6	25	30.6000	5.6495
A7	25	.4000	.5000
A8	25	.4400	.5066
A9	25	.1600	.3742
A10	25	.4000	.5000
A11	25	.3200	.4761
A12	25	.1200	.3317
A13	25	.1600	.3742
A14	22	.0001	.0001
A15	22	.0001	.0001
A16	22	.0001	.0001
A17	22	.0001	.0001
A18	22	-.0001	.0001
A19	25	369.1600	129.7294
A20	25	311.0800	93.3439
A21	25	321.9200	102.8234
A22	25	76.8000	7.4833
A23	25	299.8400	76.3024
A24	25	86.3200	12.7434
A25	25	69.3200	3.9762
A26	25	85.0000	52.0416
A27	25	80.0800	11.7825
A28	25	3293.3600	1807.2857
A29	25	88.7200	4.3829
A30	25	129516.5200	130295.9539
A31	22	159.5909	63.7007
A32	22	1020.9091	335.8558
A33	25	50.2400	6.0710
A34	25	97.2800	45.9189
A35	25	23.6800	9.0033
A36	25	20.0400	2.3360
A37	25	.9206	.8879
A38	25	1.0390	.9473
A39	25	703.1600	15.6383
A40	25	408.6000	163.0118
A41	25	311.0400	124.8621
A42	25	255.4000	98.4691
A43	25	194.9600	70.6691
A44	25	155.4760	52.1740
A45	25	103.0320	29.8992
A46	25	55.5800	16.3723
A47	22	225.9091	126.5912
B5	25	.0029	.0011
B19	25	.0032	.0016
B28	25	398.6812	297.9997
B30	25	4.9155	.4814
B3132	22	1180.5000	342.3095
B33	25	.0202	.0024
B34	25	.0125	.0056
B35	25	.0460	.0118
B36	25	.0506	.0060
A37	25	.9206	.8879
A38	25	1.0390	.9473

Correlations: A37 A38

A5	-.6556**	-.7752**
A6	.2329	.0008
A7	-.1352	.0301
A8	-.1440	-.1033
A9	.3756	.0997
A10	-.1352	.0301
A11	-.0331	-.0794
A12	-.1724	-.0439
A13	.3756	.0997
A14	.4134	.7203**
A15	.4165	.7205**
A16	.4692	.7304**
A17	.3593	.6692**
A18	-.3593	-.6692**
A19	-.6297**	-.7694**
A20	-.5443*	-.6390**
A21	-.5463*	-.7008**
A22	-.2809	-.4571
A23	-.4334	-.5386*
A24	-.5490*	-.7149**
A25	-.4528	-.7390**
A26	-.4992	-.5930*
A27	-.4595	-.6535**
A28	-.4214	-.5162*
A29	.4582	.5187*
A30	-.3153	-.3333
A31	-.2886	-.3282
A32	-.1967	-.3609
A33	-.4360	-.4226
A34	.5954*	.6955**
A35	.3675	.6153*
A36	-.4107	-.3751
A37	1.0000**	.8345**
A38	.8345**	1.0000**
A39	-.0879	-.2830
A40	.6198**	.8033**
A41	.5900*	.7928**
A42	.5356*	.7521**
A43	.4657	.6921**
A44	.4068	.6381**
A45	.3233	.5321*
A46	.1797	.2903
A47	-.2581	-.1944
B5	.6647**	.8332**
B19	.6250**	.8156**
B28	-.4365	-.4976
B30	-.4880	-.5609*
B3132	-.2467	-.4152
B33	.4334	.4194
B34	-.5761*	-.6183**
B35	-.4035	-.5898*
B36	.3936	.3598

Minimum pairwise N of cases: 22

2-tailed Signif: * - .01 ** - .001

**** MULTIPLE REGRESSION ****

AB-TIET

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

Variable(s) Entered on Step Number

1.. B5

Multiple R .76652
 R Square .58756
 Adjusted R Square .56694
 Standard Error .56374

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	1	9.05460	9.05460
Residual	20	6.35597	.31780

F = 28.49163 Signif F = .0000

Page 80

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
B5	674.46111	126.35669	.76652	5.338	.0000
(Constant)	-.94156	.37207		-2.531	.0199

Page 81

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A5	-.07837	-.05153	.17827	-.225	.8245
A6	.09599	.14946	.99992	.659	.5179
A7	.02021	.03141	.99662	.137	.8925
A8	-.23965	-.36857	.97553	-1.728	.1002
A9	.27669	.42745	.98430	2.061	.0533
A10	.02021	.03141	.99662	.137	.8925
A11	-.12501	-.19465	.99999	-.865	.3978
A12	-.18147	-.27567	.95180	-1.250	.2265
A13	.27669	.42745	.98430	2.061	.0533
A19	-.03777	-.02529	.18487	-.110	.9134
A20	-.01684	-.01912	.53156	-.083	.9345
A21	-.18417	-.19957	.48429	-.888	.3858
A22	-.03217	-.04382	.76510	-.191	.8504
A23	.08992	.11440	.66758	.502	.6215
A24	-.13776	-.14742	.47230	-.650	.5237

Page 82

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A25	-.38084	-.45532	.58953	-2.229	.0381
A26	.02164	.02637	.61227	.115	.9097
A27	-.14115	-.16813	.58515	-.743	.4663
A28	-7.001E-03	-.00913	.70123	-.040	.9687
A29	.02251	.03127	.79577	.136	.8930
A30	.04195	.06083	.86746	.266	.7934
A31	-3.379E-03	-.00476	.81979	-.021	.9836
A32	-.02373	-.03308	.80105	-.144	.8868
A33	.02377	.03408	.84748	.149	.8834
A34	-.14530	-.12702	.31518	-.558	.5832
A35	-.08841	-.07558	.30145	-.330	.7447
A36	-3.695E-03	-.00551	.91803	-.024	.9811
A39	5.9560E-03	.00875	.88957	.038	.9700
A40	4.9558E-03	.00185	.05722	.008	.9937
A41	.16162	.07557	.09016	.330	.7448

Page 83

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

LIITE 7/4

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A42	.11661	.07236	.15879	.316	.7553
A43	.08715	.06772	.24904	.296	.7706
A44	.06823	.06165	.33669	.269	.7907
A45	.05544	.06204	.51649	.271	.7894
A46	.09838	.14322	.87421	.631	.5357
B19	.29421	.12481	.07423	.548	.5898
B28	8.3248E-04	.00111	.73983	.005	.9962
B30	.07341	.09456	.68442	.414	.6835
B3132	-.02615	-.03486	.73309	-.152	.8808
B33	-.05131	-.07388	.85491	-.323	.7503
B34	-.04801	-.05581	.55724	-.244	.8101
B35	.12741	.12356	.38791	.543	.5936
B36	-.02106	-.03161	.92950	-.138	.8918

Page 84 SPSS/PC+ 2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

Variable(s) Entered on Step Number

2.. A25

Multiple R .82040
R Square .67306
Adjusted R Square .63865
Standard Error .51495

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	10.37229	5.18615
Residual	19	5.03828	.26517

F = 19.55764 Signif F = .0000

Page 85 SPSS/PC+ 2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
B5	459.77034	150.32522	.52253	3.059	.0065
A25	-.08123	.03644	-.38084	-2.229	.0381
(Constant)	5.31675	2.82796		1.880	.0755

Page 86 SPSS/PC+ 2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A5	-.13208	-.09725	.15123	-.415	.6834
A6	.16299	.27896	.56462	1.232	.2336
A7	-.04206	-.07185	.56441	-.306	.7634
A8	-.18314	-.30853	.54949	-1.376	.1857
A9	.27211	.47208	.58285	2.272	.0356
A10	-.04206	-.07185	.56441	-.306	.7634
A11	-.15639	-.27208	.58343	-1.200	.2458
A12	-.05652	-.08582	.46310	-.365	.7190
A13	.27211	.47208	.58285	2.272	.0356
A19	.02349	.01759	.17154	.075	.9413
A20	-.15053	-.18312	.30780	-.790	.4396
A21	-.01957	-.02184	.40714	-.093	.9272
A22	.09398	.13499	.51974	.578	.5704
A23	.18654	.25877	.50830	1.137	.2706
A24	.01888	.02115	.41030	.090	.9295

Page 87 SPSS/PC+ 2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A26	.01546	.02115	.42519	.090	.9295
A27	.01415	.01735	.49137	.074	.9421
A28	.08258	.11733	.52310	.501	.6223
A29	-.05326	-.08099	.55422	-.345	.7343
A30	.11974	.18992	.55889	.821	.4226
A31	.11524	.17234	.52583	.742	.4675
A32	5.1927E-03	.00810	.53249	.034	.9730
A33	.08055	.12777	.56250	.547	.5914
A34	-.20338	-.19855	.27503	-.859	.4014
A35	.08188	.07487	.19308	.319	.7538
A36	.06113	.10028	.56499	.428	.6740
A39	.06123	.09949	.57201	.424	.6764
A40	.31705	.12875	.04772	.551	.5885
A41	.50052	.25063	.06839	1.098	.2865
A42	.38547	.25501	.11121	1.119	.2779

Page 88

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A43	.29437	.24455	.16457	1.070	.2987
A44	.23755	.23034	.21380	1.004	.3286
A45	.17346	.21046	.31211	.913	.3731
A46	.15241	.24600	.50854	1.077	.2958
B19	-.03356	-.01524	.06744	-.065	.9491
B28	.11816	.16891	.53236	.727	.4765
B30	.14364	.20425	.50468	.885	.3877
B3132	.02758	.04080	.51914	.173	.8644
B33	-.10750	-.17136	.56426	-.738	.4701
B34	-8.552E-03	-.01111	.42473	-.047	.9629
B35	2.6468E-03	.00278	.24704	.012	.9907
B36	-.08621	-.14233	.56522	-.610	.5494

Page 89

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

Variable(s) Entered on Step Number

3.. A9

Multiple R .86367
R Square .74593
Adjusted R Square .70358
Standard Error .46639

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	11.49514	3.83171
Residual	18	3.91543	.21752

F = 17.61512 Signif F = .0000

Page 90

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
B5	492.90303	136.92993	.56018	3.600	.0020
A25	-.08004	.03301	-.37529	-2.425	.0260
A9	.59047	.25989	.27211	2.272	.0356
(Constant)	5.03455	2.56432		1.963	.0653

Page 91

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A5	-.01368	-.01123	.14437	-.046	.9636
A6	-.11865	-.14764	.39339	-.615	.5464
A7	.08800	.15511	.54949	.647	.5260

LIITE 7/6

A8	-.08800	-.15511	.54949	-.647	.5260
A10	.08800	.15511	.54949	.647	.5260
A11	-.08393	-.15835	.57729	-.661	.5173
A12	-1.395E-03	-.00237	.46303	-.010	.9923
A13	1.00000	1.00000	0.0	0.0	.
A19	.07975	.06749	.16857	.279	.7837
A20	-.37082	-.46711	.29304	-2.178	.0438
A21	-.01840	-.02330	.40714	-.096	.9246
A22	.04211	.06771	.51712	.280	.7830
A23	.16468	.25857	.50546	1.104	.2851
A24	.03385	.04299	.40978	.177	.8613
A26	.02771	.04299	.42013	.177	.8613

Page 92

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A27	-.03116	-.04304	.48469	-.178	.8611
A28	.19004	.29413	.50248	1.269	.2216
A29	.01534	.02583	.55275	.107	.9164
A30	.13233	.23787	.55888	1.010	.3268
A31	.26652	.42075	.51917	1.912	.0728
A32	-.13003	-.21239	.53230	-.896	.3827
A33	.01975	.03476	.56037	.143	.8877
A34	-.08671	-.09290	.27143	-.385	.7052
A35	.12346	.12765	.19308	.531	.6025
A36	7.3355E-03	.01341	.56330	.055	.9566
A39	-.02713	-.04776	.56924	-.197	.8460
A40	.54738	.24791	.04671	1.055	.3061
A41	.52932	.30052	.06839	1.299	.2112
A42	.37904	.28444	.11088	1.223	.2379
A43	.27015	.25435	.16314	1.084	.2933

Page 93

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A44	.21189	.23272	.21135	.987	.3377
A45	.11944	.16265	.30237	.680	.5059
A46	.08437	.14954	.48921	.624	.5412
B19	.10567	.05396	.06626	.223	.8263
B28	.16579	.26637	.53197	1.139	.2703
B30	.11693	.18796	.50237	.789	.4409
B3132	-.08625	-.13674	.51905	-.569	.5767
B33	-.04585	-.08096	.56212	-.335	.7418
B34	-.03121	-.04590	.42330	-.189	.8520
B35	4.4676E-03	.00532	.24575	.022	.9828
B36	-.03047	-.05592	.56338	-.231	.8201

Page 94

SPSS/PC+

2/12/93

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

Variable(s) Entered on Step Number

4.. A20

Multiple R .89519
R Square .80136
Adjusted R Square .75462
Standard Error .42434

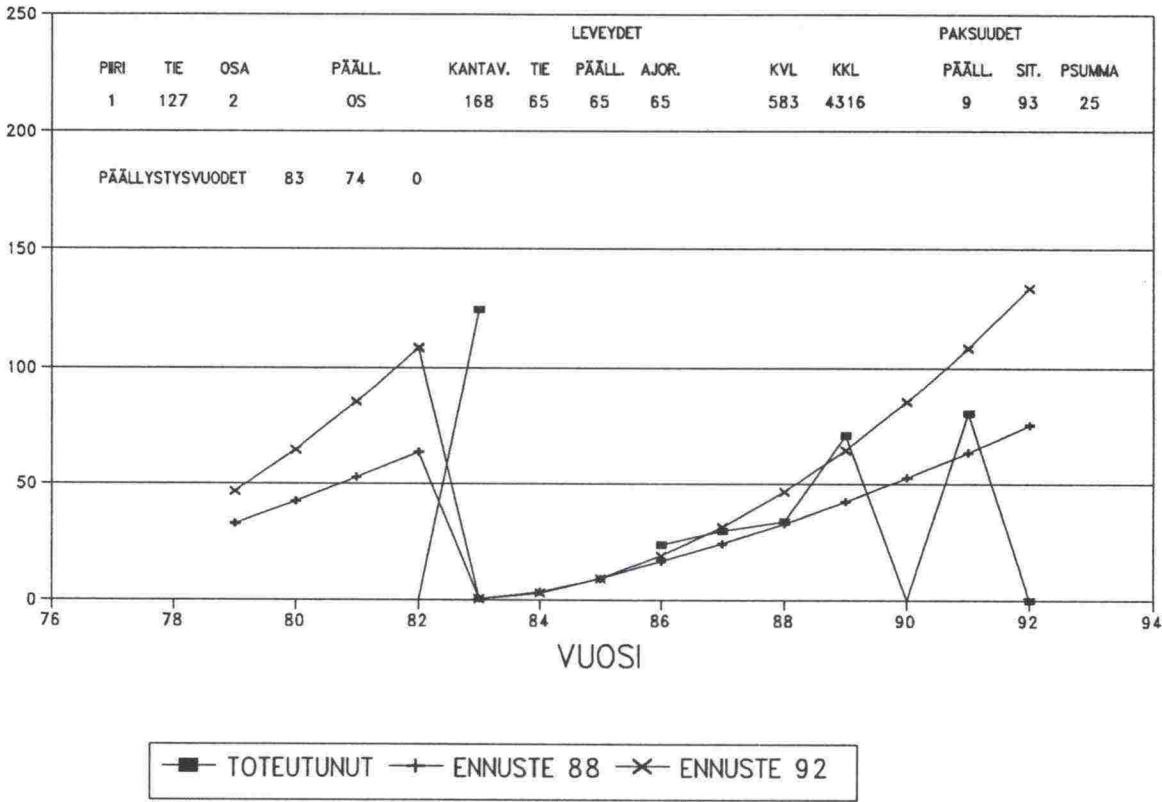
Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	4	12.34945	3.08736
Residual	17	3.06112	.18007

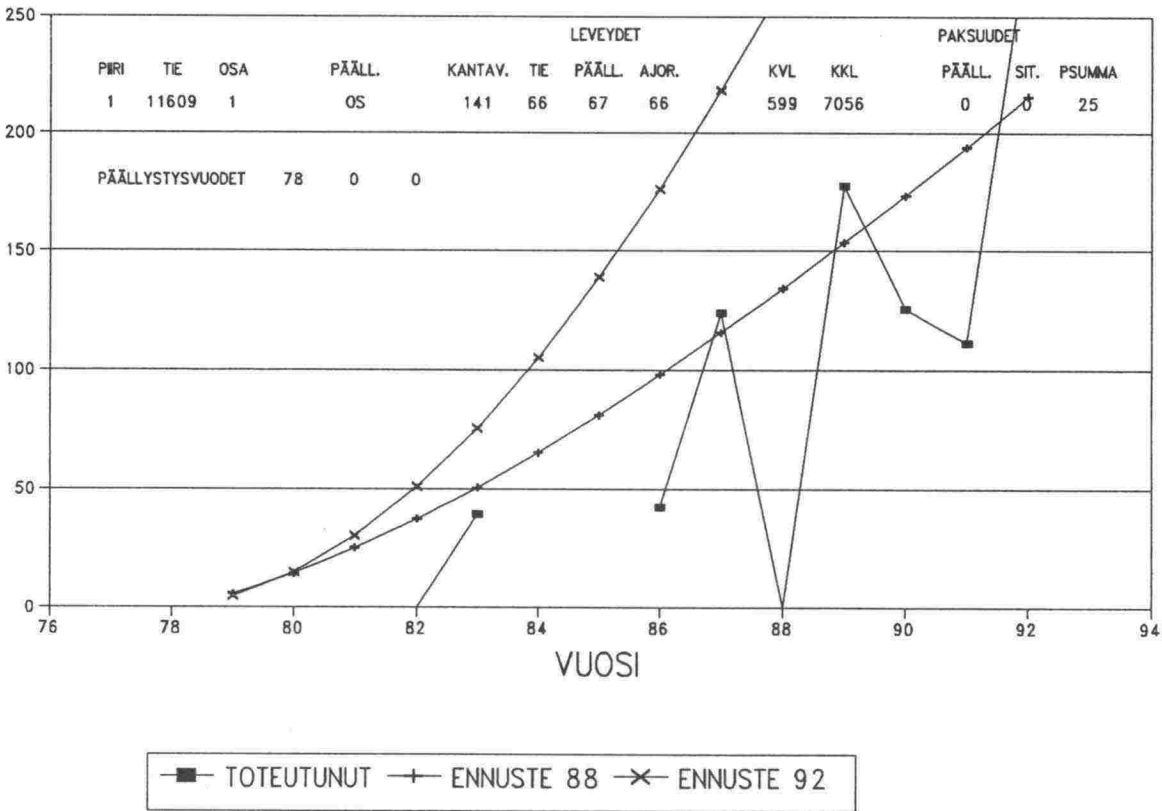
F = 17.14576 Signif F = .0000

^Z

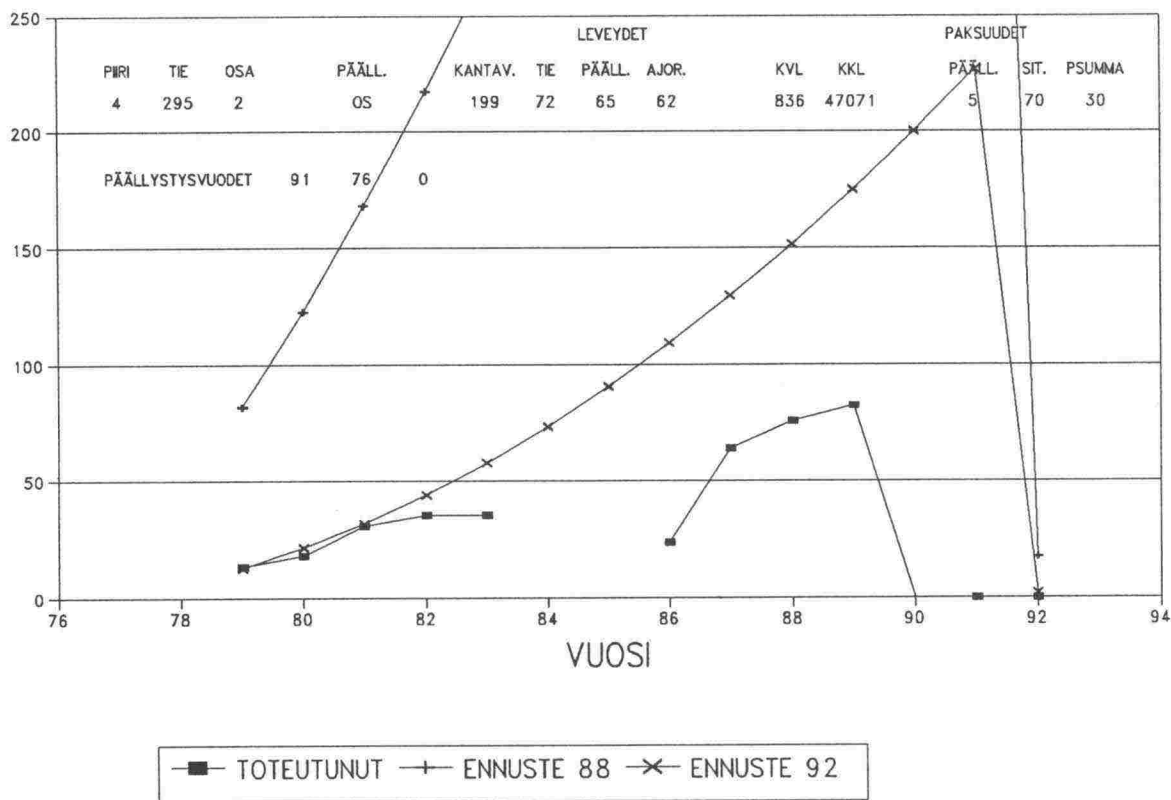
VAURIOSUMMA (m²)



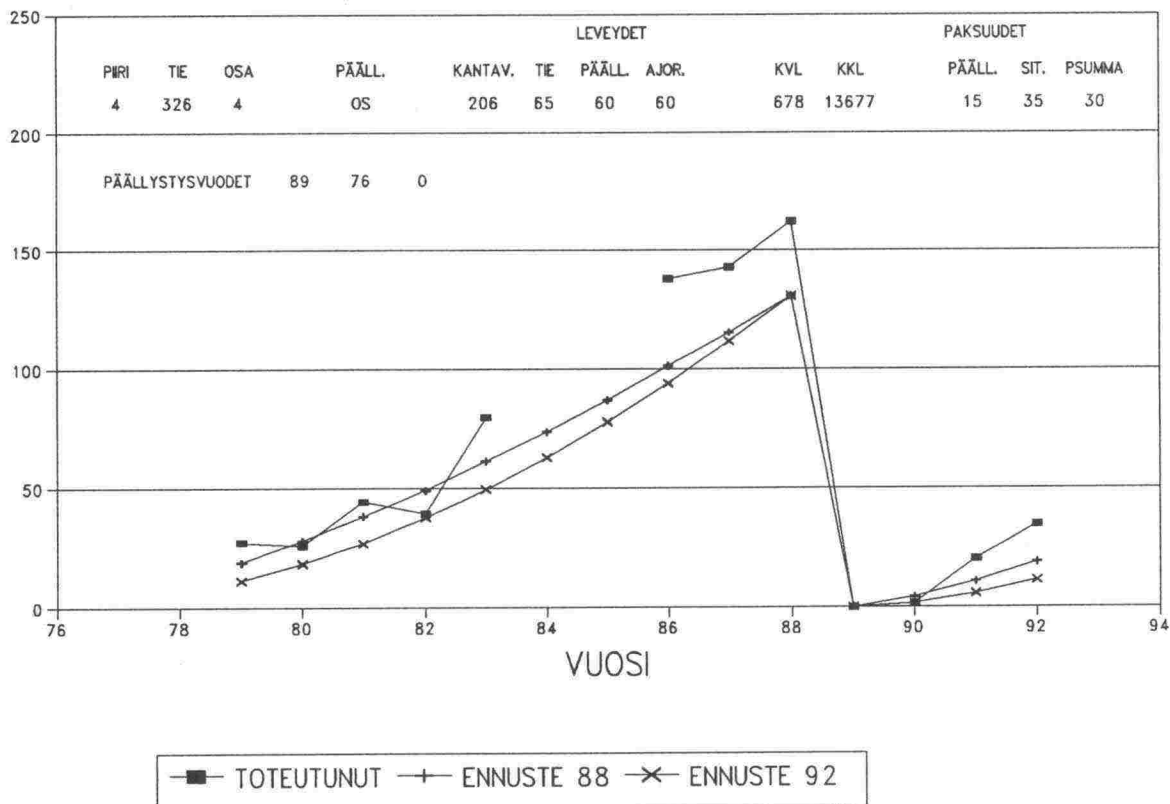
VAURIOSUMMA (m²)

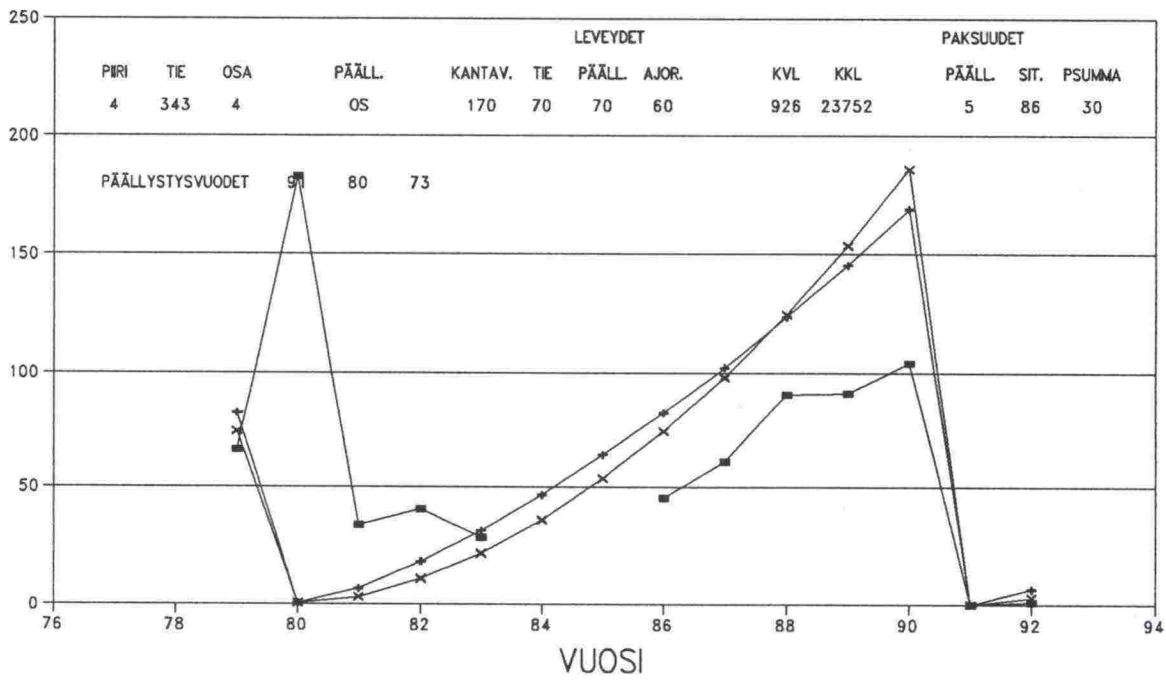


VAURIOSUMMA (m²)

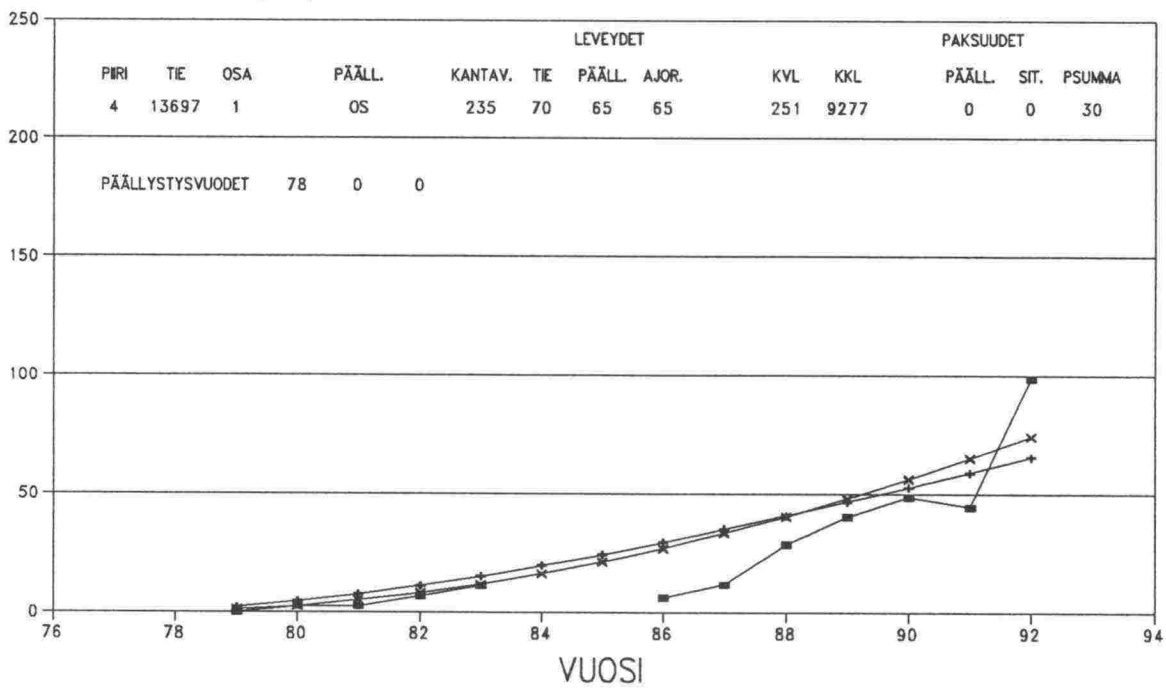


VAURIOSUMMA (m²)

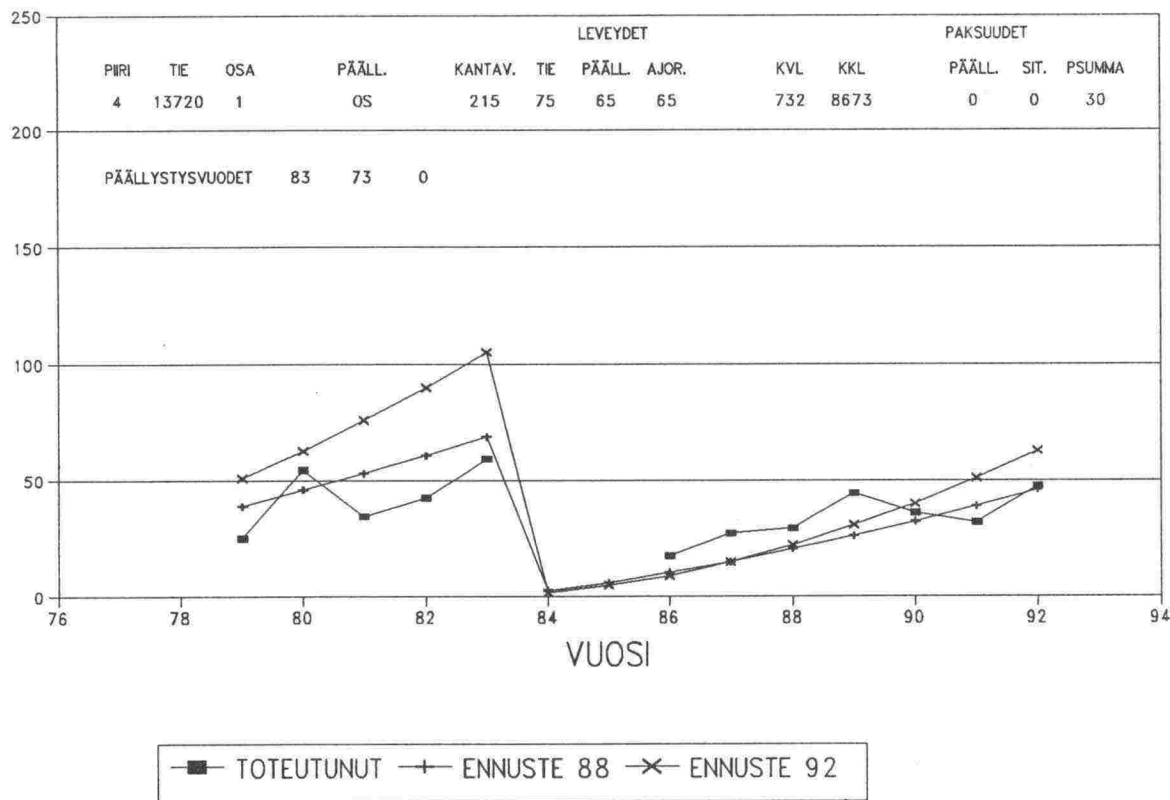
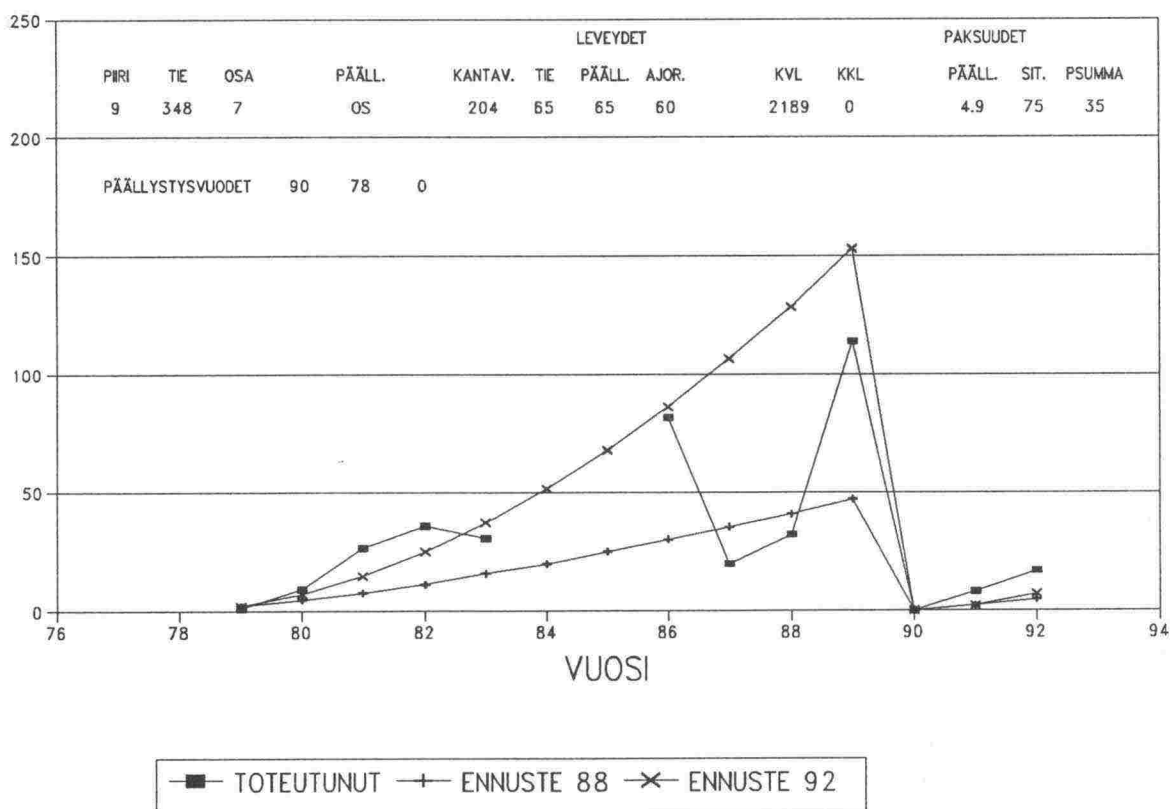


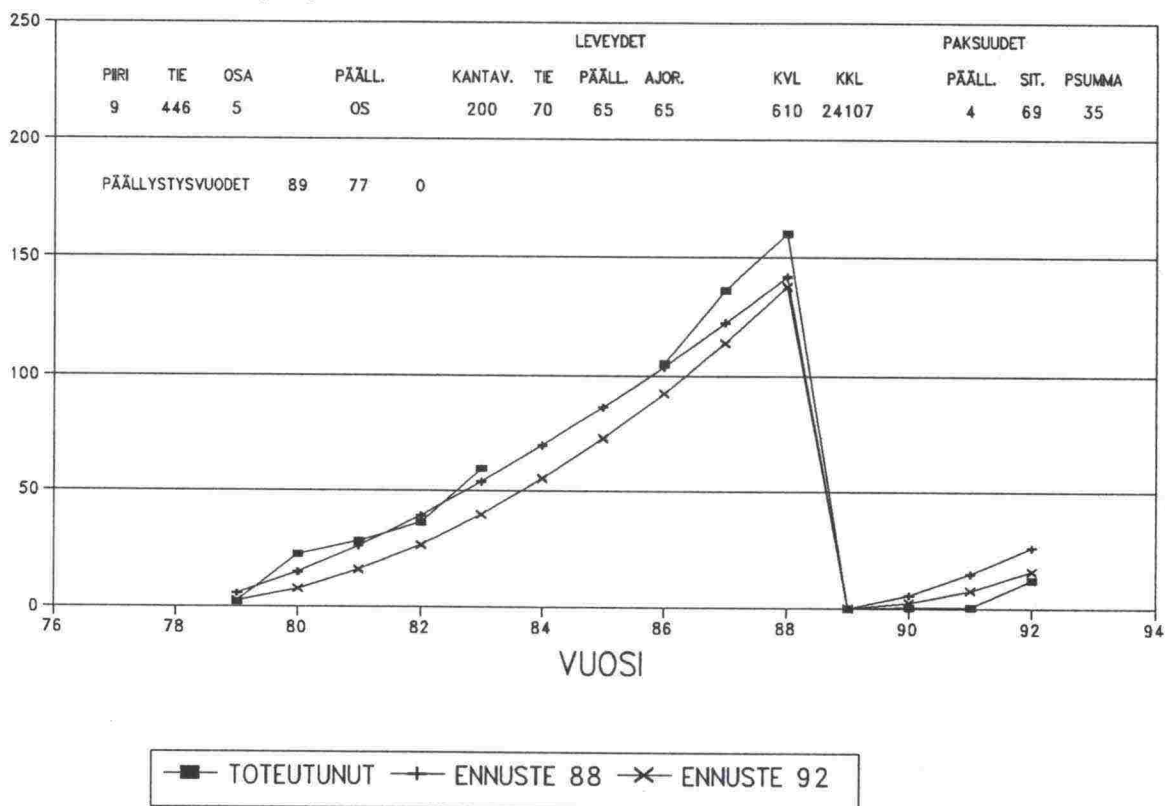
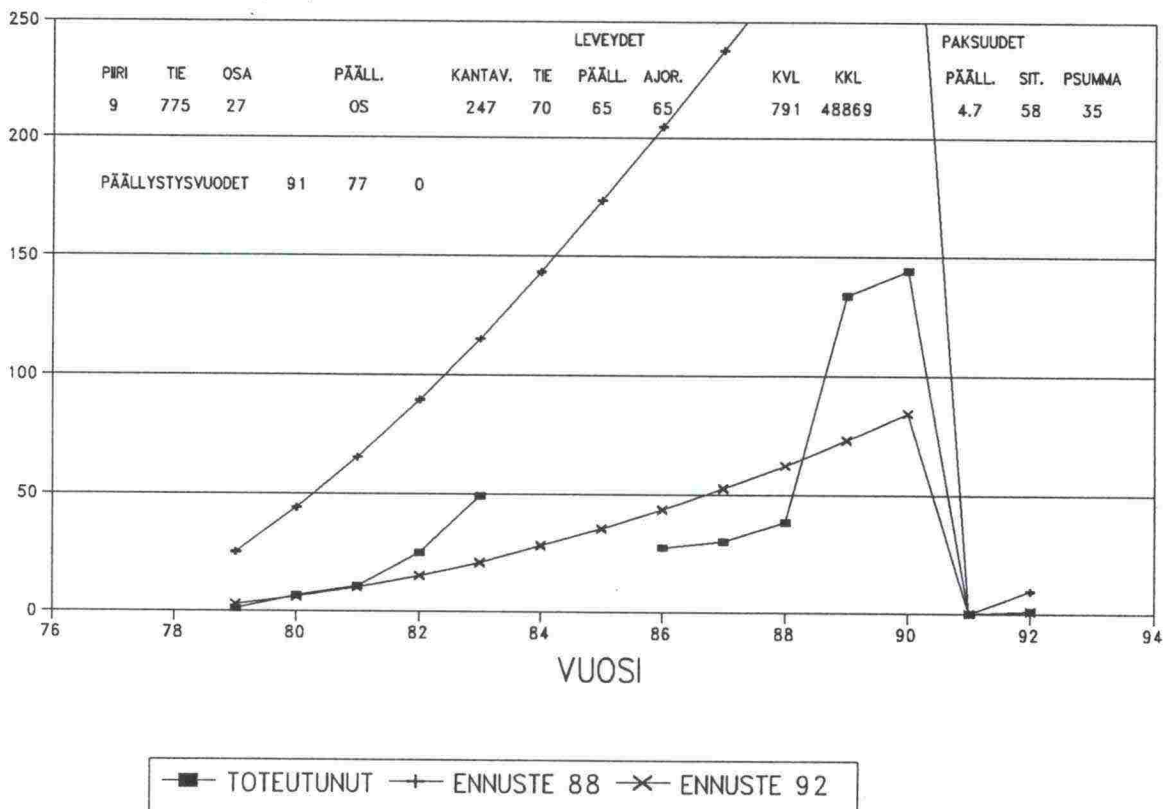
VAURIOSUMMA (m²)


■ TOTEUTUNUT + ENNUSTE 88 × ENNUSTE 92

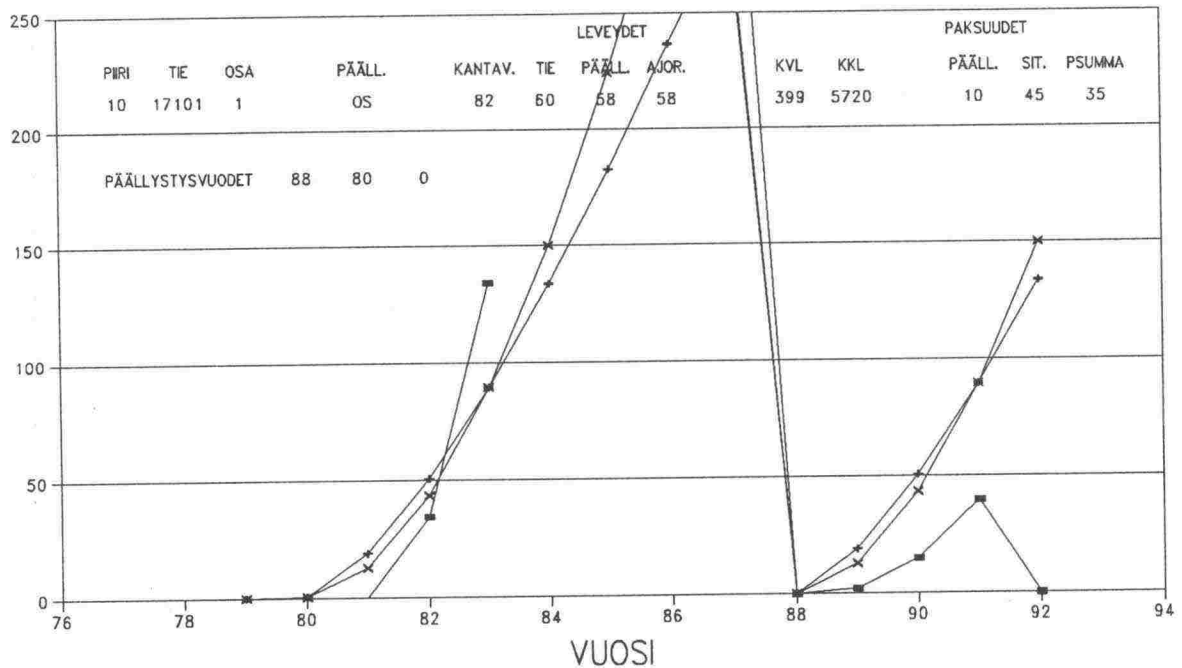
VAURIOSUMMA (m²)


■ TOTEUTUNUT + ENNUSTE 88 × ENNUSTE 92

VAURIOSUMMA (m²)VAURIOSUMMA (m²)

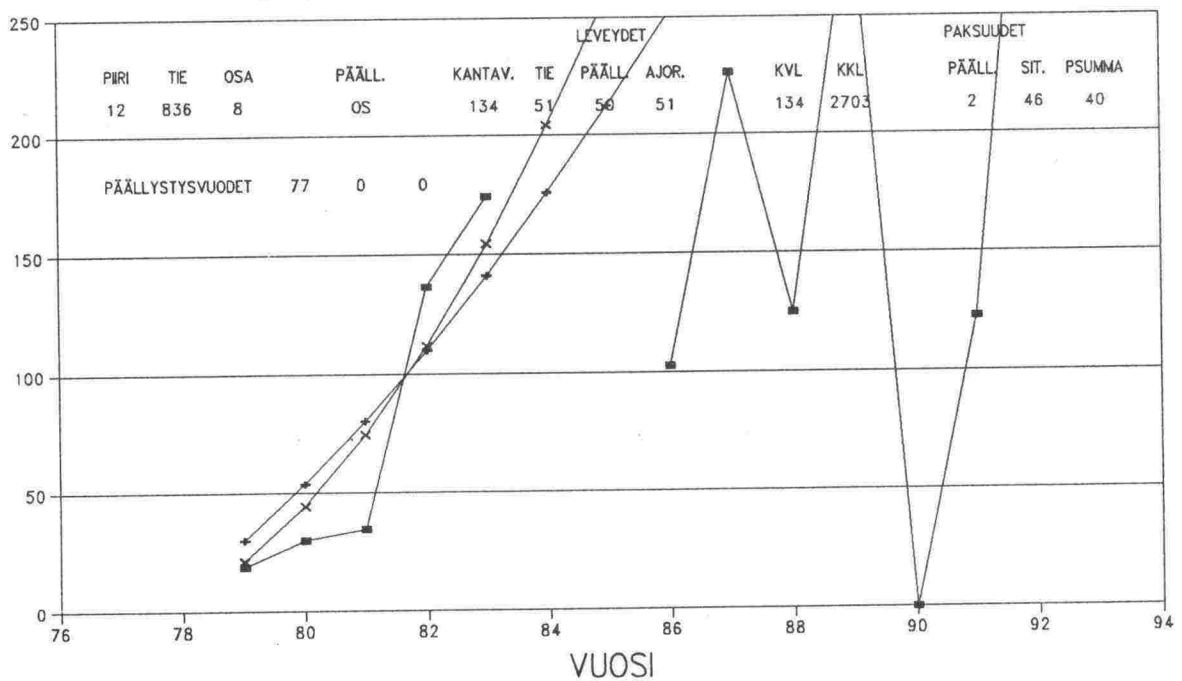
VAURIOSUMMA (m²)

VAURIOSUMMA (m²)


VAURIOSUMMA (m²)



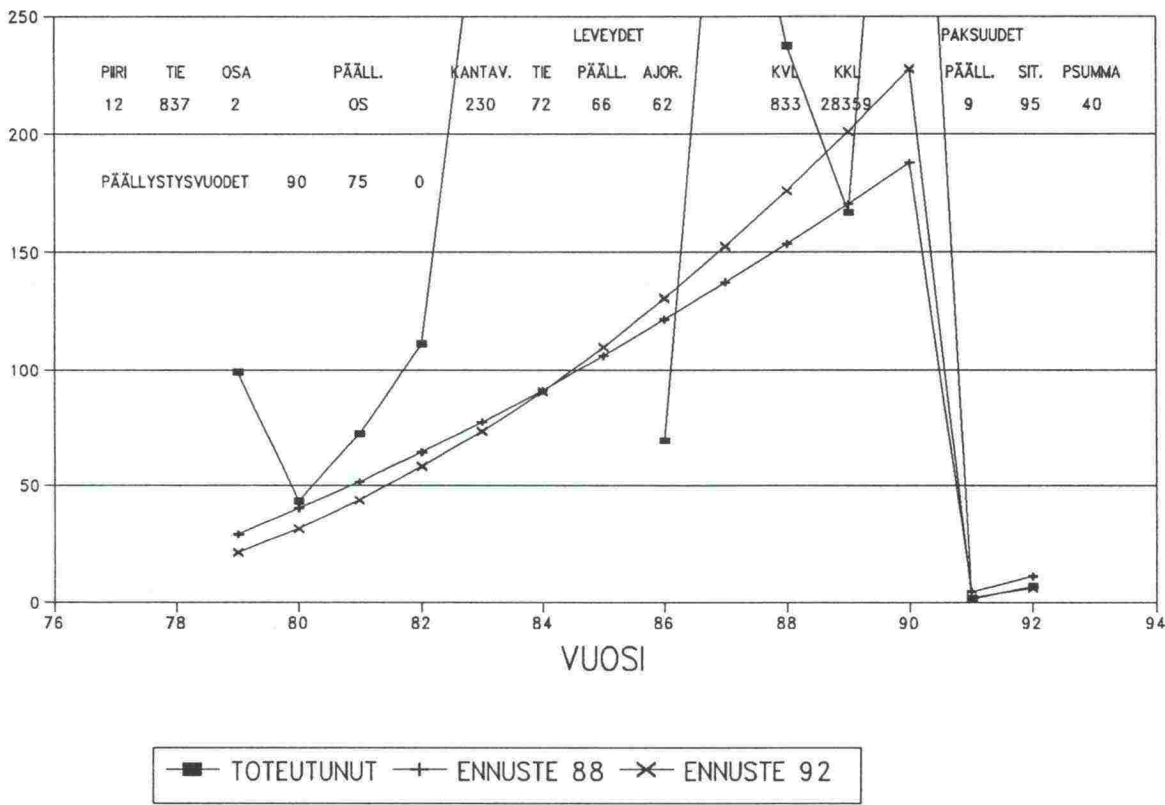
■ TOTEUTUNUT + ENNUSTE 88 × ENNUSTE 92

VAURIOSUMMA (m²)

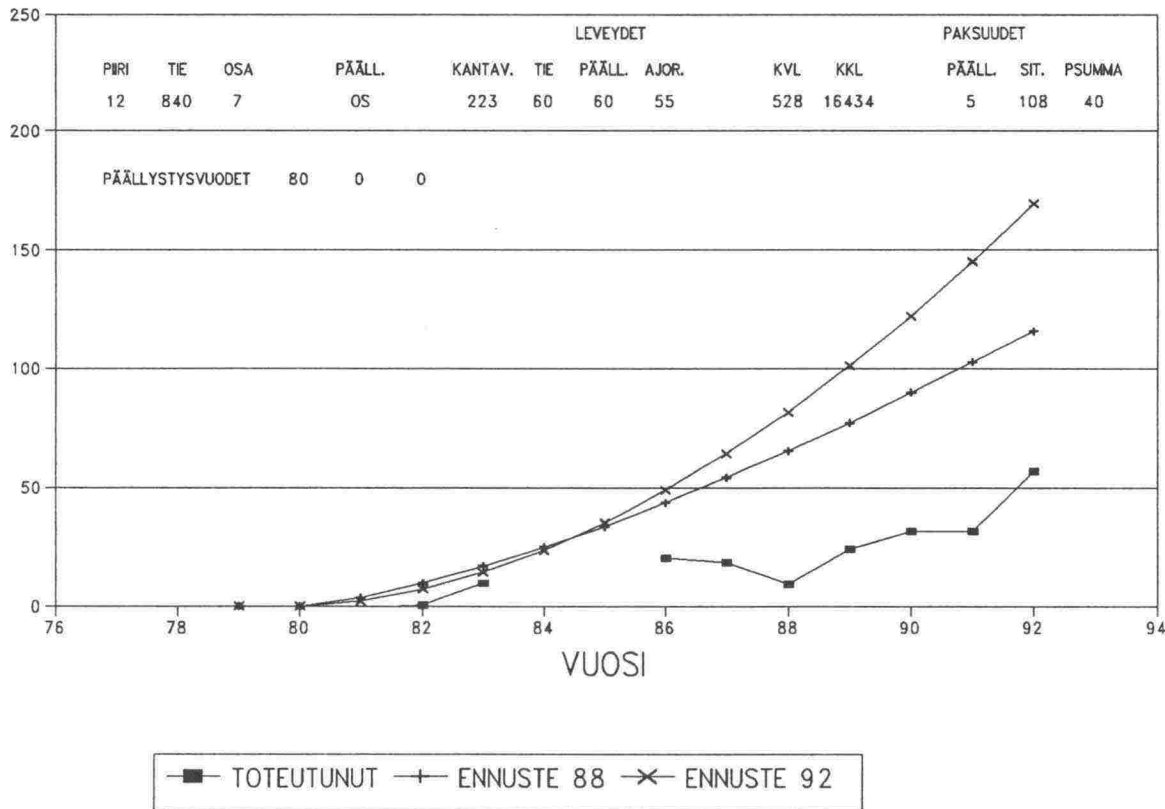


■ TOTEUTUNUT + ENNUSTE 88 × ENNUSTE 92

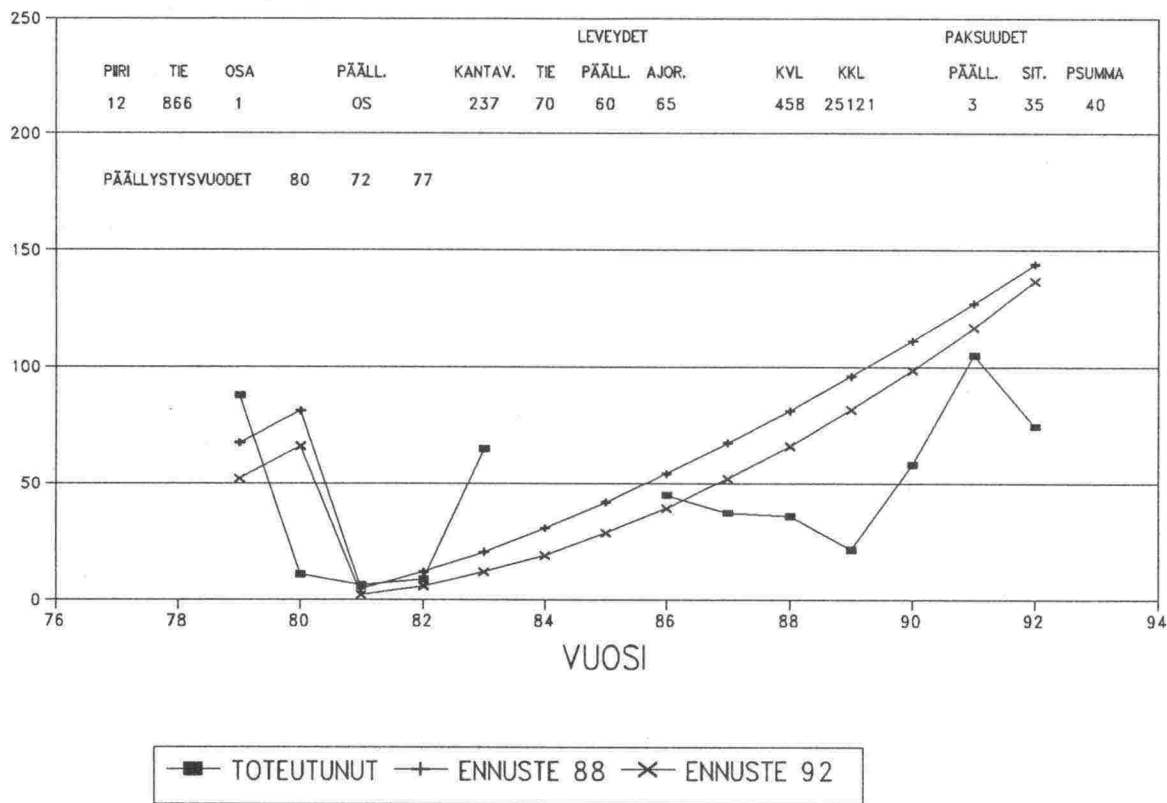
VAURIOSUMMA (m²)



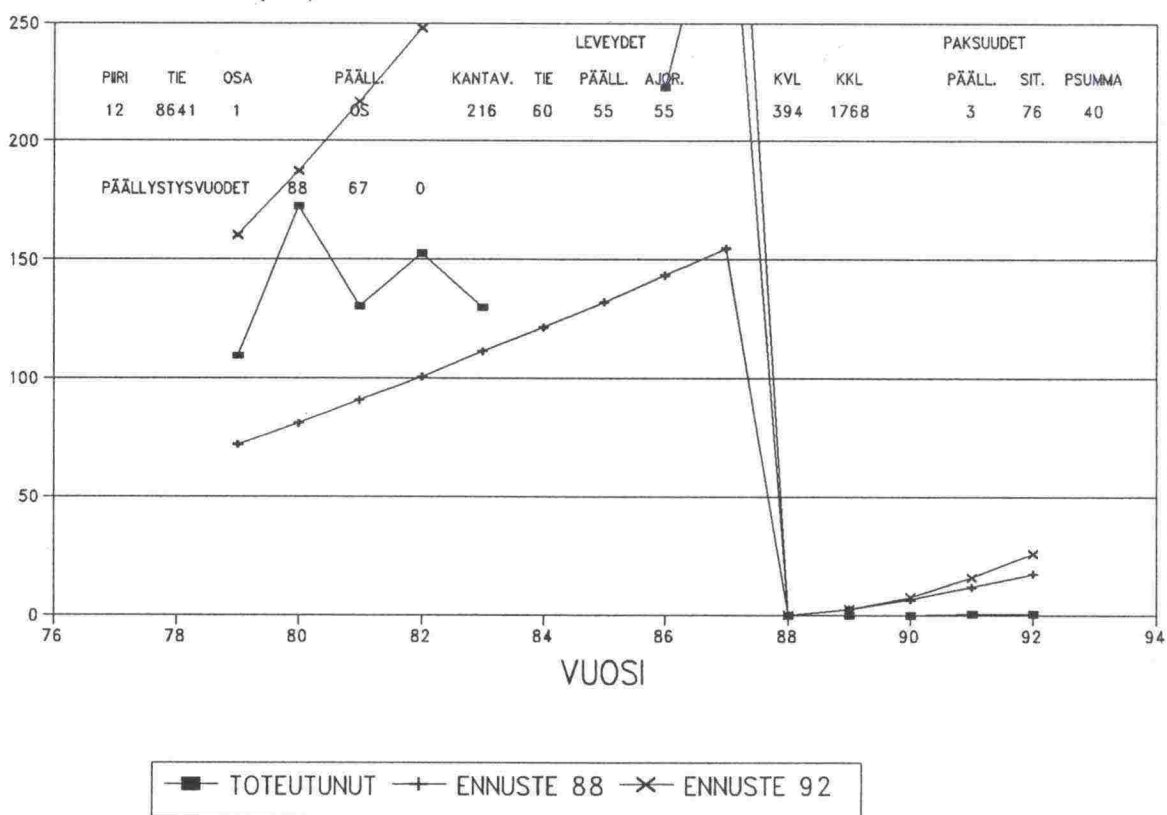
VAURIOSUMMA (m²)

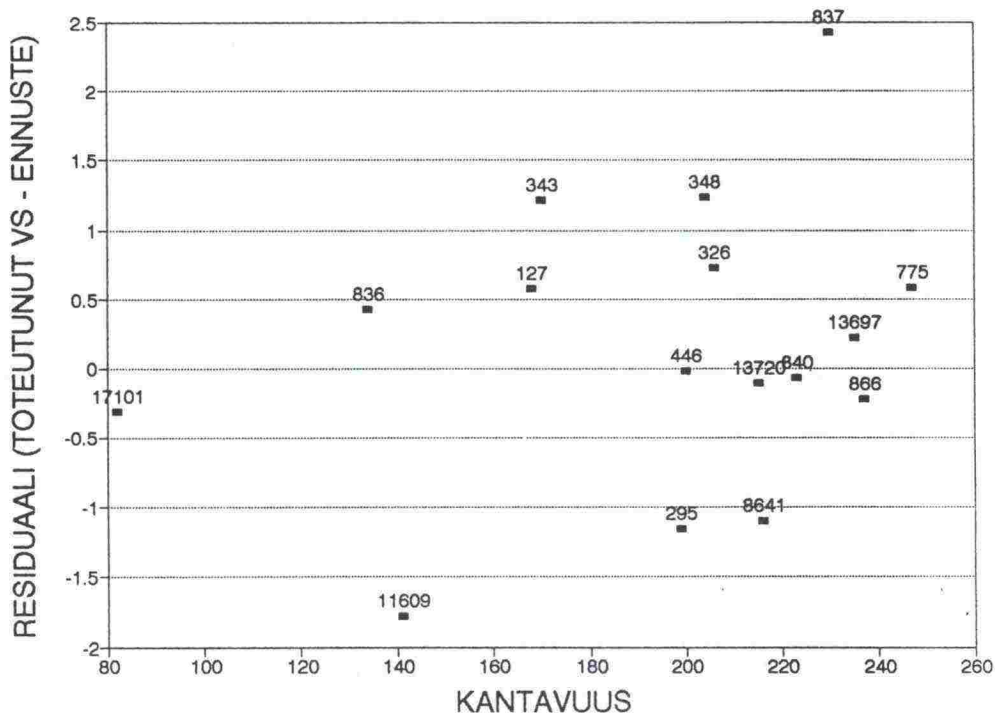
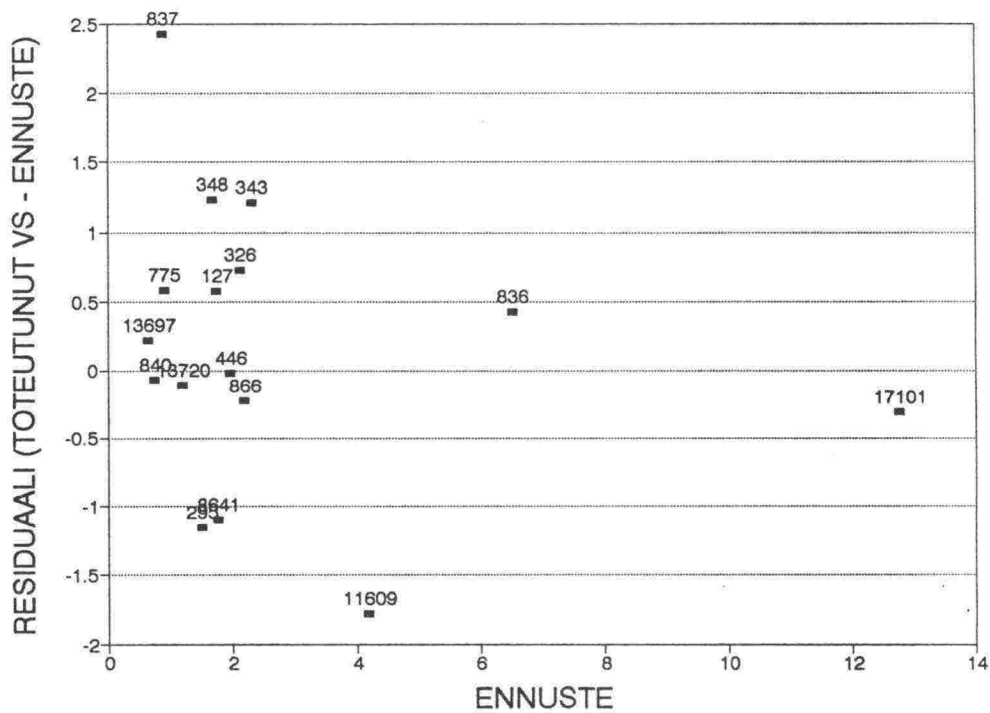


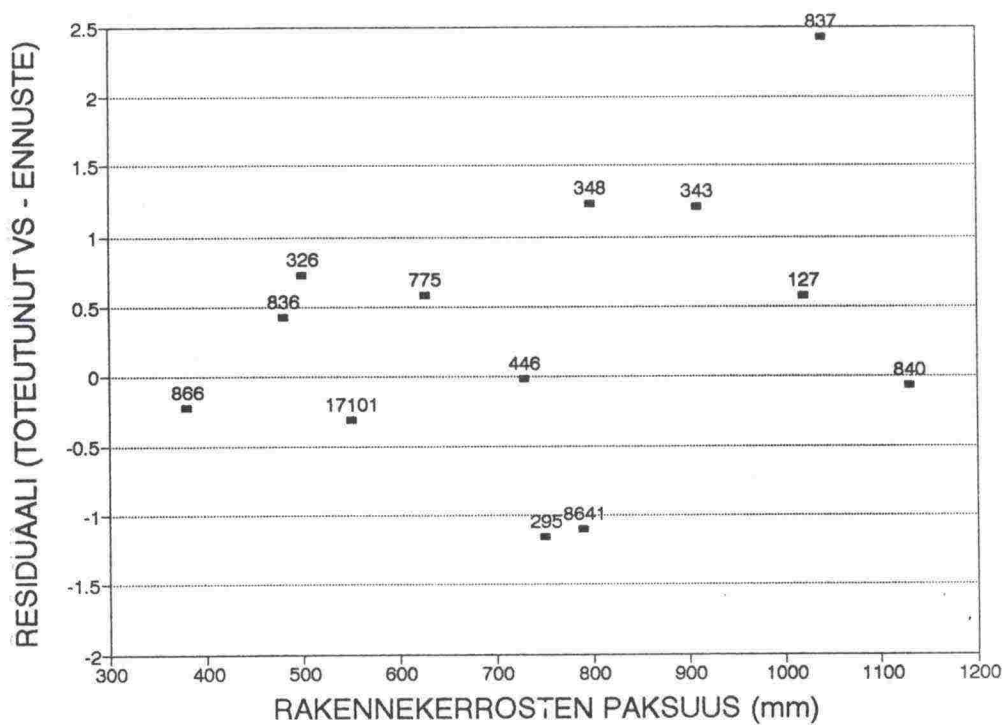
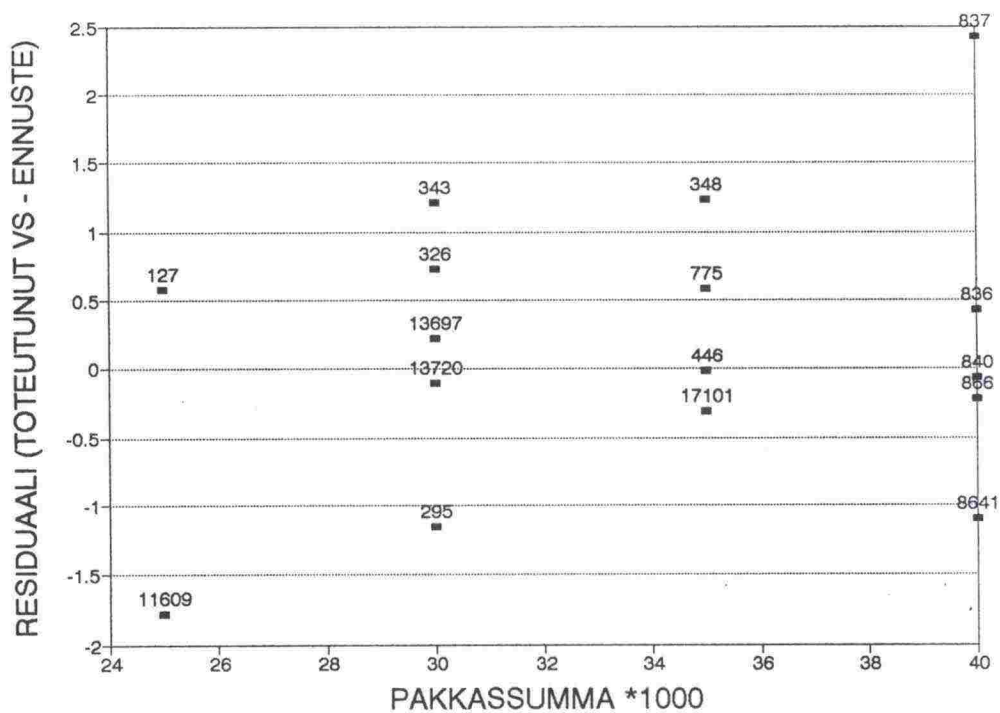
VAURIOSUMMA (m²)



VAURIOSUMMA (m²)







Tilastomuuttujien selitykset:

- A1 = PIIRI
 A2 = TIE
 A3 = TIEOSA
 A4 = PÄÄLLYSTETYYPPI (AB=1, ÖS=2)
 A5 = KANTAVUUS (PUDOTUSPAINOLAITE)
 A6 = PAKKASSUMMA /1000

SÄÄÄLUEET

- A7 = UUSIMAA, A8 = HÄME, K-SUOMI, K-POHJANMAA, A9 = OULU,
 A10 = UUSIMAA, A11 = HÄME, K-SUOMI A12 = K-POHJANMAA,
 A13 = OULU

- A14 = MAX PÄÄLLYSTEEN ALAPINNAN VENYMÄ
 A15 = PÄÄLLYSTEEN ALAPINNAN VENYMÄ
 A16 = PÄÄLLYSTEEN ALAPINNAN VENYMÄ
 A17 = POHJAMAAN PAINUMA
 A17 = POHJAMAAN PAINUMA
 A19 = KEVÄTKANTAVUUSKERTOIMELLA KORJATTU A5
 A20 = A5 MUUNNETTU LEVYKUORMITUSLAITTEEKSI
 A21 = TIEREKISTERIN KANTAVUUSARVO
 A22 = KEVÄTKANTAVUUSKERROIN
 A23 = TAVOITEKANTAVUUS
 A24 = TIEN LEVEYS (DM)
 A25 = AJORADAN LEVEYS (DM)
 A26 = PIENTAREEN LEVEYS (DM)
 A27 = PÄÄLLYSTEEN LEVEYS (DM)
 A28 = KVL
 A29 = (HA+PA)%
 A30 = KKL
 A31 = PÄÄLLYSTEEN PAKSUUS (MM)
 A32 = SITOMATTOMIEN KERROSTEN PAKSUUS (MM)
 A33 = S
 A34 = SCI
 A35 = BCI
 A36 = AREA
 A37 = VIIMEINEN VAURIOITUMISEN KULMAKERROIN
 A38 = VAURIOITUMISEN KULMAKERROIN KA
 A39 = PUDOTUSPAINOMITTAUKSEN KUORMA
 A40 - A46 = GEOFONIEN TAIPUMAT 0, 20, 30, 45, 60, 90 JA 150 CM
 B5 = 1/A5
 B19 = 1/A19
 B28 = (100-A29)*A28/100
 B30 = LOG(A30)
 B3132 = A31+A32
 B33 - B36 = 1/A33 ..
 A47 = KANTAVAN KERROKSEN PAKSUUS
 B23 = A23/A5

Page 53

SPSS/PC+

2/16/93

Variable	Cases	Mean	Std Dev
A5	16	194.1875	44.6546
A6	16	33.7500	5.3229
A7	16	.1250	.3416
A8	16	.5625	.5123
A9	16	.3125	.4787
A10	16	.1250	.3416
A11	16	.5000	.5164
A12	16	.0625	.2500
A13	16	.3125	.4787
A14	4	.0003	.0000
A15	4	.0003	.0000
A16	4	.0002	.0001
A17	1	.0002	.
A18	4	-.0002	.0001
A19	16	160.1250	53.1512
A20	16	200.2500	55.1839
A21	16	158.4375	59.4048
A22	16	65.0000	13.6626
A23	16	185.5625	23.0361
A24	16	66.3125	6.1505
A25	16	61.1875	4.5199
A26	16	25.6250	17.5000
A27	16	62.5625	5.0592
A28	16	683.8125	457.2607
A29	15	91.7333	2.7894
A30	15	17793.5333	15036.3821
A31	13	61.2308	36.3665
A32	13	685.3846	235.9949
A33	16	42.1875	3.1245
A34	16	218.6875	69.5852
A35	16	31.6875	11.4875
A36	16	16.6875	1.4477
A37	16	2.5777	2.1369
A38	16	2.8643	3.0168
A39	16	694.3125	14.8715
A40	16	730.0625	277.0522
A41	16	511.4375	214.2428
A42	16	381.2500	159.5274
A43	16	268.3750	106.1074
A44	16	204.0000	73.7012
A45	16	128.2000	39.0400
A46	16	64.9875	17.8919
A47	13	172.3077	72.8187
B5	16	.0056	.0020
B19	16	.0073	.0036
B28	15	49.3193	28.3208
B30	15	4.0767	.4363
B3132	13	746.6154	234.2863
B33	16	.0238	.0016
B34	16	.0049	.0014
B35	16	.0348	.0103
B36	16	.0603	.0047
A37	16	2.5777	2.1369
A38	16	2.8643	3.0168

2/16/93

Correlations: A37		A38
A5	-.5124	-.8118**
A6	.1841	.1435
A7	-.0458	-.0651
A8	-.0724	.0749
A9	.1101	-.0337
A10	-.0458	-.0651
A11	-.2506	-.3362
A12	.3693	.8479**
A13	.1101	-.0337
A14	.0481	.0579
A15	.0481	.0579
A16	.4021	.6329
A17	.	.
A18	.2866	.2649
A19	-.3662	-.6198
A20	-.2534	-.6395*
A21	-.3990	-.5269
A22	-.0620	-.1476
A23	-.2239	-.2517
A24	-.4546	-.4976
A25	-.3821	-.3834
A26	-.3055	-.3794
A27	-.3633	-.3857
A28	.0845	-.1489
A29	-.0347	.1793
A30	-.2725	-.3255
A31	.4010	.2672
A32	-.3466	-.4000
A33	.2096	-.0403
A34	.3519	.8096**
A35	.5386	.8255**
A36	.2020	-.0736
A37	1.0000**	.7387*
A38	.7387*	1.0000**
A39	-.1721	-.3936
A40	.5034	.9125**
A41	.5369	.9179**
A42	.5373	.9021**
A43	.5350	.8746**
A44	.5182	.8352**
A45	.5360	.7807**
A46	.4736	.6510*
A47	.2313	.1067
B5	.5164	.9126**
B19	.3857	.6940*
B28	-.1597	-.3196
B30	-.2361	-.3098
B3132	-.2869	-.3614
B33	-.1726	.0516
B34	-.0420	-.4918
B35	-.5728	-.6591*
B36	-.1483	.0998

Minimum pairwise N of cases: 1 2-tailed Signif: * - .01 ** - .001

" ." is printed if a coefficient cannot be computed

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

ÖS-TIET

Variable(s) Entered on Step Number

1.. B5

2.. A6

3.. A32

Multiple R	.96005
R Square	.92170
Adjusted R Square	.89234
Standard Error	1.11801

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	117.71240	39.23747
Residual	8	9.99952	1.24994

F = 31.39148 Signif F = .0001

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
B5	1384.21624	156.96631	.92000	8.819	.0000
A6	.09026	.06514	.13834	1.386	.2033
A32	-1.64939E-03	1.44286E-03	-.11891	-1.143	.2860
(Constant)	-6.68050	2.91485		-2.292	.0511

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A5	-.01166	-.01180	.08025	-.031	.9760
A7	7.6462E-03	.02027	.55046	.054	.9587
A8	-9.958E-03	-.02806	.62183	-.074	.9429
A9	.01676	.02896	.23397	.077	.9410
A10	7.6462E-03	.02027	.55046	.054	.9587
A11	3.7099E-03	.00977	.54296	.026	.9801
A12	-.08714	-.12832	.16728	-.342	.7422
A13	.01676	.02896	.23397	.077	.9410
A19	-.01349	-.02682	.27992	-.071	.9454
A20	.32859	.58457	.24781	1.906	.0983
A21	-.21234	-.55245	.49185	-1.754	.1230
A22	-3.240E-03	-.01080	.81726	-.029	.9780
A23	-.04026	-.13309	.78116	-.355	.7328
A24	.07225	.20528	.63202	.555	.5962
A25	.06385	.18084	.62811	.486	.6415

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A26	.04090	.12798	.76152	.341	.7428
A27	.15712	.38579	.47206	1.106	.3051
A28	.15007	.38375	.51197	1.100	.3079
A29	-.07086	-.22450	.76819	-.610	.5614
A30	.01022	.03159	.67993	.084	.9357
A31	.15713	.47826	.72537	1.441	.1928
A33	.26096	.70717	.54387	2.646	.0331
A34	-.69055	-.77327	.09818	-3.227	.0145
A35	.84870	.86149	.07776	4.489	.0028
A36	.23717	.68919	.62614	2.517	.0400
A39	.22532	.59520	.54637	1.960	.0909
A40	-.54746	-.12809	4.2719E-03	-.342	.7426
A41	1.00761	.48397	.01757	1.463	.1868
A42	.72911	.51510	.03730	1.590	.1559
A43	.64657	.58173	.05970	1.892	.1003

**** MULTIPLE REGRESSION ****

Equation Number 1 Dependent Variable.. A38

----- Variables not in the Equation -----

Variable	Beta In	Partial	Min Toler	T	Sig T
A44	.61666	.60652	.07157	2.018	.0833
A45	.56996	.74523	.12723	2.957	.0212
A46	.25195	.48398	.28085	1.463	.1868
B19	-5.209E-04	-.00076	.15655	-.002	.9985
B28	.07533	.21978	.66645	.596	.5699
B30	.07125	.22434	.71134	.609	.5617
B3132	1.01520	.47826	.01738	1.441	.1928
B33	-.27059	-.69090	.49558	-2.528	.0393
B34	.30040	.73083	.46344	2.833	.0253
B35	-.58446	-.89401	.18320	-5.279	.0011
B36	-.23788	-.65994	.58622	-2.324	.0531

^Z

VTT/ATK/Olli Hämäläinen

HAVAINTOIDEIDEN ELINAIKAMALLINNUS

1. Johdanto

Tutkimuksen kohteena oli 44 havaintotietä, jotka inventoidaan vuosittain 11 eri vauriotyyppin suhteen. Kuhunkin havaintotieteen 100 m:n osuuteen liittyy elinaika, joka alkaa tien päällystämisestä ja päättyy tiettyyn yksiselitteiseen tapahtumaan (esim. vaurioitumiseen). Tarkasteltaviksi elinajan päättäviksi tapahtumiksi valittiin kunkin vauriotyyppin ensimmäinen esiintyminen sekä vauriosumman arvon nousu yli valittujen kynnsarvojen. Kullekin 100 m:n osuudelle saatiin näin 14 elinaikaa, joita jokaista mallinnettiin erikseen. Elinaika on tässä (malli)tekniinen käsite, ja tietyn tyyppinen elinaika voi jatkua riippumatta muista elinajoista. Osa elinajoista ei pääty tarkastelujakson aikana lainkaan, ja elinaikatieto on ns. sensuroitu. Periaatteessa myös uusi päällystäminen voisi aiheuttaa sensuroinnin, mutta tässä yhteydessä on tarkasteltu ainoastaan viimeisimmästä päällystämisestä alkavia elinaikoja.

Koska päällystämisajankohta ja inventointiajankohta tunnetaan vain vuoden tarkkuudella, ei jatkuva-aikaisten elinaikamallien soveltaminen aineistoon ole mahdollista, vaan on käytettävä diskreettiä mallia, jossa selitetään vaurioitumattomuuden ehdollista todennäköisyyttä tarkasteluvuoden aikana ehdolla, että vauriota ei ole aikaisempina vuosina ollut. Selittäjämuuttujat voivat olla tiekohtaisia, 100 m osuus -kohtaisia tai myös ajasta riippuvia (ikä päällystämisestä tarkasteluvuoteen).

2. Diskreetti elinaikamalli

Mallintamisen lähtökohtana on, että kustakin 100 m:n osuudesta tunnetaan tila tarkasteluvuoden alussa ja se, päättyikö elinaika eli sattuiiko tarkasteltava tapahtuma tarkasteluvuonna. Merkitään l_{ki} :lla niiden tarkasteluvuoden k alussa vaurioitumattomien osuuksien lukumäärää, joilla selittäjämuuttujilla on arvo x_{ki} , d_{ik} :lla vastaavaa vaurioituneiden ("kuolleiden") lukumäärää,

$p_{ki} = p_k(x_{ki})$:lla ehdollista todennäköisyyttä, että vuoden k alussa vaurioitumaton osuus ei vaurioidu vuoden k aikana, kun selittäjämuuttujilla on arvo x_{ki} ja $q_{ki} = 1 - p_{ki}$. Voidaan osoittaa, että päädytään binomijakuman mukaiseen uskottavuusfunktioon

$$L = \prod_{i,k} q_{ki}^{d_{ik}} (1 - q_{ki})^{l_{ki} - d_{ik}},$$

jonka maksimikohdasta \hat{q}_{ki} saadaan siis välttötodennäköisyyden (suurimman uskottavuuden) estimaattori \hat{p}_{ki} .

Selittävien muuttujien vaikutus selitettävään todennäköisyyteen oletetaan lineaariseksi, ts. selittävät muuttujat vaikuttavat mallissa ns. lineaarisen ennus-

teen eli summan $\beta'_k x_{ik} = \sum_j \beta_{kj} x_{ikj}$ kautta. Koska sattumistodennäköisyys q_{ki}

voi saada arvoja ainoastaan välillä (0,1) ja lineaarinen ennuste ainakin periaatteessa voi saada kaikkia reaalilukuarvoja, on nämä mallin komponentit kytkettävä yhteen linkkifunktion avulla:

$$\ln(-\ln(1 - q_{ki})) = \sum \beta_{kj} x_{ikj}$$

eli

$$q_{ki} = 1 - \exp(-\exp(\sum \beta_{kj} x_{ikj}))$$

Yleistettyjen lineaaristen mallien teoriassa tätä kutsutaan komplementaariseksi log-log-linkkifunktioksi. Vaihtoehtoisena linkkifunktiona voidaan käyttää

logit-linkkifunktiota $\ln(q_{ki} / (1 - q_{ki})) = \sum \beta_{kj} x_{ikj}$. Kumpaakin linkkifunktiota käytettiin havaintoiden vaurioiden todennäköisyyksien mallintamisessa.

Linkkifunktioiden muodosta seuraa, että lineaarisen ennusteen arvon kasvaessa myös vastaava todennäköisyys q_{ki} kasvaa ja kääntäen. Jos siis kerroin β_{kj} on negatiivinen, pienenee todennäköisyys q_{ki} selittävän muuttujan x_{ikj} arvon kasvaessa ja kasvaa sen pienetessä. Jos kerroin β_{kj} on positiivinen, kasvaa todennäköisyys selittävän muuttujan arvon kasvaessa.

Kertoimien β_{kj} voidaan analogisesti tavallisen regressioanalyysin kanssa tulkita kuvaavan vastaavan muuttujan vaikutusta selitettävään muuttujaan, mutta komplementaarisen log-log-mallin ja logit mallin kertoimet eivät ole suoraan vertailukelpoiset, vaikka mallissa mukana olevat muuttujat olisivatkin samat.

Kertoimet β_{kj} voidaan komplementaarisen log-log-linkkifunktion tapauksessa tulkita ns. riskisuhteen arvoiksi. Logit mallin parametreilla on puolestaan tulkinta ristitulosuhteena (odds ratio).

3. Havaintoaineistot

Havaintoaineiston perustana on 44 havaintotietä, joista 28 on AB-teitä ja 16 ÖS-teitä. Mallinnuksessa käytetty tiedosto muodostettiin yhdistämällä ja eri tavoin muokkaamalla neljän eri tyyppin tiedostoista:

- tierekisteritiedot, jotka sisältävät koko havaintotietä koskevia tietoja mm. kantavuus- ja liikennemäärätiedot sekä tiedot päälylystämistä ja inventoinneista
- inventointitiedot vuosittain ja 100 m matkoittain
- kantavuustiedot n. 50 m välein

- säääluetta sekä taipumaa ja pohjamaan painumaa koskevat tiedot havaintotietokohtaisesti.

Kutakin 100 m:n osuutta ja vuotta vastaa yksi havaintoyksikkö. Koska inventointia ei ole tehty vuosina 1984 ja 1985, analyysiin otettiin mukaan ainoastaan ne tiet, jotka on päällystetty vuonna 1985 tai sen jälkeen. Tällaisia teitä on yhteensä 35 (24 AB-tietä ja 9 ÖS-tietä). Vuosina 1985 - 1987 öljysorateita ei päällystetty yhtään, joten öljysorateiden aineisto perustuu neljään päällystysvuoteen. Kunkin tien ja siis myös 100 m:n osuuden elinaika alkaa viimeisimmästä päällystämisestä. Jos inventointitieto puuttuu havaintoa edeltävältä vuodelta eli tilanne vuoden alussa ei ole tarkkaan tiedossa, ei ko. havaintoa otettu mukaan analyysiin. Lopulliseen aineistoon tuli näin yhteensä 2790 havaintoa, joista 2160 on AB-teiltä ja 630 ÖS-teiltä. Kantavuusmittaustiedot kohdistettiin vastaaviin 100 m:n osuuksiin, ja jos mittauksia oli useita, mukaan otettiin pienin kantavuusarvo.

Vaurioinventointitietojen perusteella muodostettiin 11 vauriotyyppikohtaista muuttujaa, jotka saavat arvon 0, 1 tai 2 sen mukaan, onko tarkasteltava 100 m:n osuus ko. vuonna vaurioitumaton, vaurioitunut ko. vuonna vai vaurioitunut jo aikaisemmin, siis

$$v_i = \begin{cases} 0 & , \text{ jos tyyppin } i \text{ vauriota ei esiinny} \\ 1 & , \text{ jos tyyppin } i \text{ vaurio esiintyy 1. kerran} \\ 2 & , \text{ jos tyyppin } i \text{ vaurio on esiintynyt jo aiemmin} \end{cases}$$

Kutakin vauriotyyppiä koskevaa mallia muodostettaessa poistettiin käsittelystä ne havainnot, joilla vauriotyyppimuuttujan arvo on 2.

Kullekin havainnolle muodostettiin myös vauriosummaindeksi, jonka perusteella muodostettiin eri kynnsarvoilla (AB-tiet 40, 70 ja 100; ÖS-tiet 60, 100 ja 130 sekä kaikki tiet 5, 10 ja 15) edellä olevien kaltaiset kokonaisvaurioitumista kuvaavat, arvoja 0, 1 ja 2 saavat muuttujat. Näitä muuttujia selitettiin samantyyppisillä malleilla kuin em. vauriokohtaisia muuttujia. Myös valikointimenettely (arvon 2 saavien havaintojen poistaminen) oli sama.

4. Aineiston käsittely ja tuloksia

Kullekin vauriokohtaiselle muuttujalle ja vauriosumman perusteella muodostetulle muuttujalle haettiin askeltavalla menettelyllä parhaiten selittävää mallia käyttäen sekä komplementaarista log-log-linkkifunktiota että logit-linkkifunktiota. Mallit muodostettiin erikseen AB-teille ja ÖS-teille. ÖS-teiden mallinnusta haistasi kaikkien vauriotyyppien osalta se, että havaintoja oli pääasiassa vuosien 1984 ja 1985 puuttuvien inventointien vuoksi enimmillään vain neljältä vuodelta. Toisaalta kummankin tyyppisillä päällysteillä joidenkin vaurioiden esiintyminen oli niin harvinaista, että estimointia ei voitu suorittaa (routakohoumat, reiät). Joitain vauriotyyppejä esiintyy vain osalla teistä, mikä mutkistaa osaltaan mallintamista.

Huolimatta tunnetuista heikkouksistaan mallintamisessa käytettiin askeltavaa menettelyä, koska aineistosta ja kaikista muodostetuista 17 vaurioindikaattorista haluttiin saada yleiskuva. Yleisesti ottaen saadut mallit olivat järkevän tuntuista ja sopivat aineistoon hyvin. Mallien sopivuutta voidaan arvioida mm. laskemalla havainnoittain mallin mukainen todennäköisyys ja vertaamalla pareittain todennäköisyyksiä ja havaittuja arvoja. Yhteensopivien parien lukumäärä oli huonoimmissakin malleissa 80 % luokkaa. Keskeinen heikkous malleissa oli mukaan tulleiden muuttujien suuri määrä. Tuloksissa ei mukaan tulleiden selittävien muuttujien ja mallin antamien todennäköisyyksien osalta ollut yleensä linkkifunktiosta riippuvaa eroa. Tästä syystä liitekuvat on piirretty pelkästään komplementaarista log-log-linkkifunktiota käyttäville malleille.

Seuraavassa on kommentoitu lähemmin verkkohalkeamien mallia AB-teillä ja vauriosummaan perustuvaa mallia kynnysarvolla 5 AB-teillä. Öljysorateiden mallien tarkastelu on sivuutettu, koska aineistossa ei ollut neljää vuotta vanhempia päällysteitä. Verkkohalkeamat on valittu kommentoitaviksi niiden tärkeyden ja suhteellisen suuren esiintymisfrekvenssin vuoksi. Kynnysarvoon 5 perustuva vauriosummamalli taas on lähimpänä yksittäisiä vauriotyyppejä koskevia malleja; suurempia kynnysarvoja käytettäessä osa havainnoista on jo vauriosummaindeksin voimakkaan kasvun vaiheessa. Suurempien vauriosumman kynnysarvojen käyttö vähentää myös oleellisesti kynnysarvon ylittävien havaintojen määrää.

AB-tiet, verkkohalkeamat (vauriotyyppi 7)

cloglog-linkki

	kerroin	keskivirhe	merkitsevyystaso
vakio	-6.193	1.092	0.0001
ikä	0.780	0.096	0.0001
kumulatiivinen kkl	-8.335*10 ⁻⁶	1.166*10 ⁻⁶	0.0001
säävyöhyke			0.1530
1	1.975	1.053	
2	1.636	1.042	
3	0	0	

logit-linkki

	kerroin	keskivirhe	merkitsevyystaso
vakio	-6.292	1.102	0.0001
ikä	0.845	0.107	0.0001
kumulatiivinen kkl	-8.335*10 ⁻⁶	1.166*10 ⁻⁶	0.0001
säävyöhyke			0.1602
1	1.987	1.059	
2	1.674	1.045	
3	0	0	

Verkkohalkeamamallissa on odotetusti mukana ikä ja kumulatiivinen kuormituskertaluku (tierekisterin mukainen kuormituskertaluku kerrottuna iällä). Jälkimmäisen muuttujan kerroin on tulkinnan kannalta väärän merkinen, mikä johtunee siitä, että aineistoon mukaan tulleiden 100 m:n osuukien joukossa ko. muuttuja ei ole odotusten vastaisesti iän mukana monotonisesti kasvava. Verkkohalkeamia esiintyy vain osalla teitä, ja malli antaa niille teille, joilla verkkohalkeamia on vähän tai ei ollenkaan hyvin pieniä todennäköisyyksiä. Tästä syystä keskiarvojen perusteella piirretyissä kuvissa ei malli näytä erityisen hyvin sopivan havaittuihin vaurioihin. Niillä teillä, joilla verkkohalkeamia esiintyy, mallin mukaisen kertymäfunktion kuvaaja on tavanomainen S-käyrä, ja kuvasta voidaan lukea esim. 50% vauriotumistodennäköisyyttä vastaava ikä.

AB-tiet, vauriosummaindeksin kynnysarvo 5

cloglog-linkki

	kerroin	keskivirhe	merkitsevyystaso
vakio	10.324	1.503	0.0001
kkl	2.530*10 ⁻⁶	0.952*10 ⁻⁶	0.0079
kantavuus	-0.005	0.001	0.0001
säävyöhyke			0.0001
1	-1.955	0.244	
2	-1.342	0.209	
3	0	0	
ajoradan leveys	-0.150	0.023	0.0001

logit-linkki

	kerroin	keskivirhe	merkitsevyystaso
vakio	11.886	1.687	0.0001
kkl	$3.092 \cdot 10^{-6}$	$0.992 \cdot 10^{-6}$	0.0018
kantavuus	-0.005	0.001	0.0001
säävyöhyke			0.0001
1	-2.141	0.266	
2	-1.454	0.227	
3	0	0	
ajoradan leveys	-0.169	0.026	0.0001

Koska vauriosummaindeksi kokooa yhteen eri tyyppisten vaurioiden vaikutuksen, jakaantuvat kynnysarvon ylittävät havainnot tasaisemmin eri teille, ja tiekohtaiset kertymäfunktioit muistuttavat enemmän toisiaan. Vauriosumman kynnysarvoon 5 perustuvassa mallissa ei ikä ole tilastollisesti merkitsevänä selittäjänä eli mallin mukaan ehdollinen vaurioitumistodennäköisyys on ajasta riippumatta vakio. Ainoa tieosuuskohtainen (100 m) muuttuja kantavuus on merkitsevä selittäjä. Kaikkien merkitsevien selittäjien kertoimet ovat tulkinnan kannalta oikean merkkiset.

5. Johtopäätöksiä

Tutkimuksen käyttämä lähestymistapa teiden eliniän mallintamiseksi osoittautui toimivaksi. Koska menetelmänä melko karkealla askeltavalla menettelyllä saatiin mielekkäitä malleja, on ilmeistä, että tarkempi paneutuminen tuottaisi parempia tuloksia. Kun aineistoa vuosittaisten inventointien myötä kertyy lisää, myös mallien käytettävyys paranee ja esim. öljysorateiden mallintaminen tulee mahdolliseksi. Mallien avulla voidaan laskea, koska vaurioitumistodennäköisyys ylittää tietyn rajan (esim. 50%) ja jos malli on riittävän luotettava, voidaan arvioida myös eri toimenpiteiden vaikutusta kestoikään. Oleellista kuitenkin on, että inventointiin ei jää väli vuosia, koska ne tuhoavat täysin tämän tyyppisten mallien käyttömahdollisuudet. Öljysorateiden luotettavampi mallintaminen tulee mahdolliseksi vasta useamman lisäinventointivuoden havaintojen ollessa käytettävissä.

logit-linkki

	kerroin	keskivirhe	merkitsevyystaso
vakio	-6.292	1.102	0.0001
ikä	0.845	0.107	0.0001
kumulatiivinen kkl	-8.335*10 ⁻⁶	1.166*10 ⁻⁶	0.0001
säävyöhyke			0.1602
1	1.987	1.059	
2	1.674	1.045	
3	0	0	

Verkkohalkeamamallissa on odotetusti mukana ikä ja kumulatiivinen kuormituskertaluku (tierekisterin mukainen kuormituskertaluku kerrottuna iällä). Jälkimmäisen muuttujan kerroin on tulkinnan kannalta väärän merkinen, mikä johtunee siitä, että aineistoon mukaan tulleiden 100 m:n osuukien joukossa ko. muuttuja ei ole odotusten vastaisesti iän mukana monotonisesti kasvava. Verkkohalkeamia esiintyy vain osalla teitä, ja malli antaa niille teille, joilla verkkohalkeamia on vähän tai ei ollenkaan hyvin pieniä todennäköisyyksiä. Tästä syystä keskiarvojen perusteella piirretyissä kuvissa ei malli näytä erityisen hyvin sopivan havaittuihin vaurioihin. Niillä teillä, joilla verkkohalkeamia esiintyy, mallin mukaisen kertymäfunktion kuvaaja on tavanomainen S-käyrä, ja kuvasta voidaan lukea esim. 50% vauriotumistodennäköisyyttä vastaava ikä.

AB-tiet, vauriosummaindeksin kynnysarvo 5

cloglog-linkki

	kerroin	keskivirhe	merkitsevyystaso
vakio	10.324	1.503	0.0001
kkl	2.530*10 ⁻⁶	0.952*10 ⁻⁶	0.0079
kantavuus	-0.005	0.001	0.0001
säävyöhyke			0.0001
1	-1.955	0.244	
2	-1.342	0.209	
3	0	0	
ajoradan leveys	-0.150	0.023	0.0001

logit-linkki

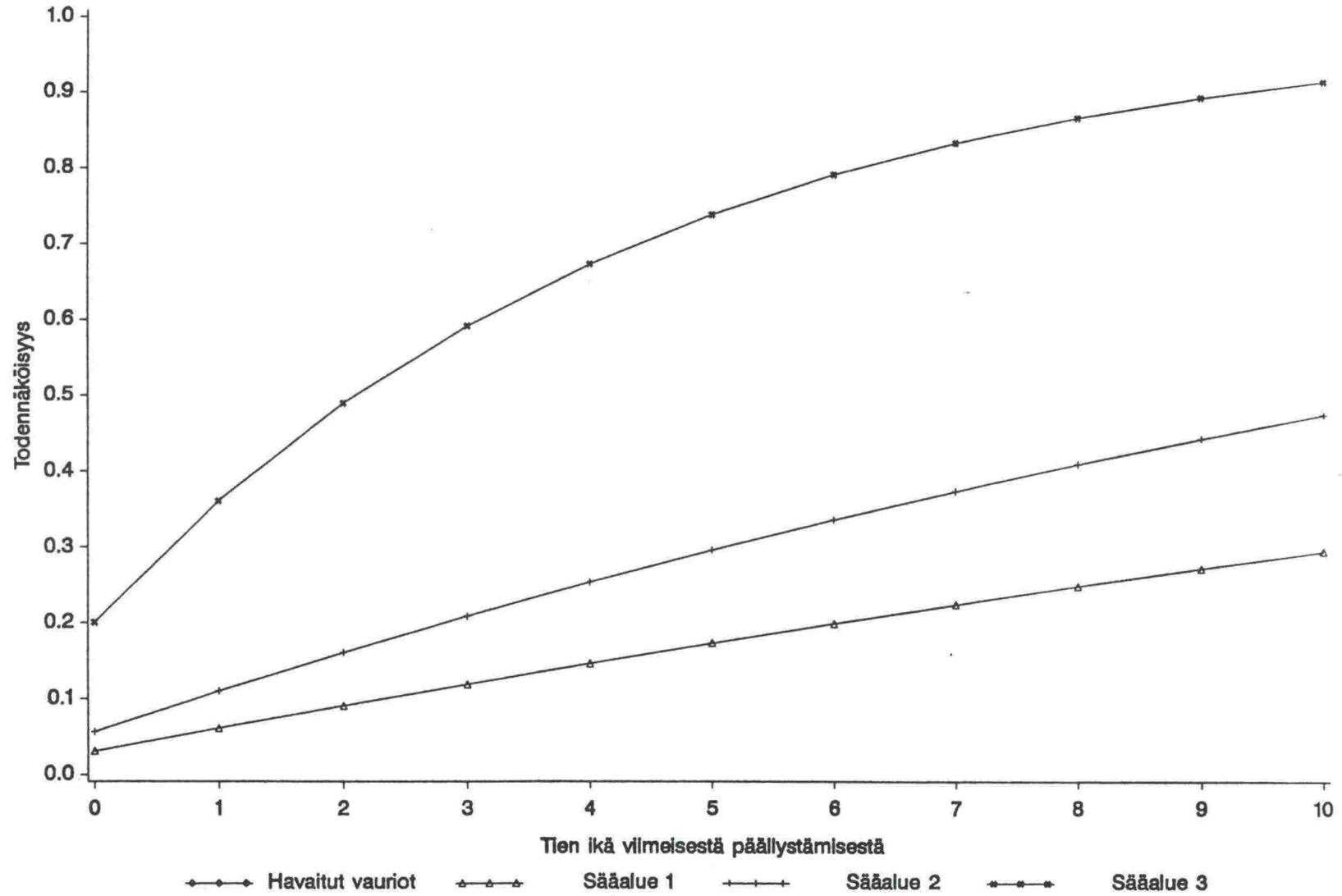
		kerroin	keskivirhe	merkitsevyystaso
	vakio	11.886	1.687	0.0001
	kkl	$3.092 \cdot 10^{-6}$	$0.992 \cdot 10^{-6}$	0.0018
	kantavuus	-0.005	0.001	0.0001
	säävyöhyke			0.0001
	1	-2.141	0.266	
	2	-1.454	0.227	
	3	0	0	
	ajoradan leveys	-0.169	0.026	0.0001

Koska vauriosummaindeksi kokoa yhteensä eri tyyppisten vaurioiden vaikutuksen, jakaantuvat kynnysarvon ylittävät havainnot tasaisemmin eri teille, ja tiekohtaiset kertymäfunktioit muistuttavat enemmän toisiaan. Vauriosumman kynnysarvoon 5 perustuvassa mallissa ei ikä ole tilastollisesti merkitsevä selittäjänä eli mallin mukaan ehdollinen vaurioitumistodennäköisyys on ajasta riippumatta vakio. Ainoa tieosuuskohtainen (100 m) muuttuja kantavuus on merkitsevä selittäjä. Kaikkien merkitsevien selittäjien kertoimet ovat tulkinnan kannalta oikean merkkiset.

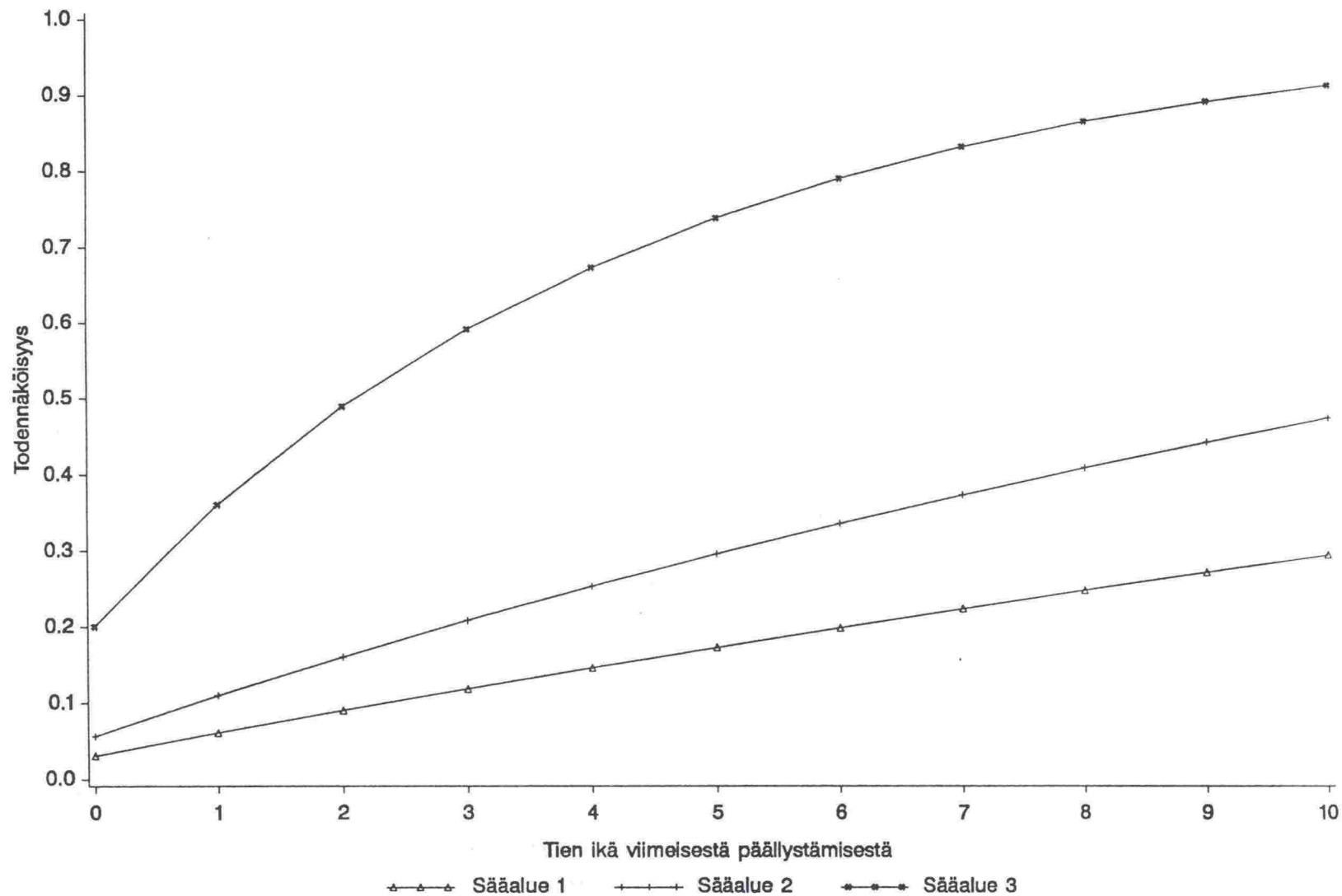
5. Johtopäätöksiä

Tutkimuksen käyttämä lähestymistapa teiden eliniän mallintamiseksi osoittautui toimivaksi. Koska menetelmänä melko karkealla askeltavalla menettelyllä saatiin mielekkäitä malleja, on ilmeistä, että tarkempi paneutuminen tuottaisi parempia tuloksia. Kun aineistoa vuosittaisten inventointien myötä kertyy lisää, myös mallien käytettävyys paranee ja esim. öljysorasteiden mallintaminen tulee mahdolliseksi. Mallien avulla voidaan laskea, koska vaurioitumistodennäköisyys ylittää tietyn rajan (esim. 50%) ja jos malli on riittävän luotettava, voidaan arvioida myös eri toimenpiteiden vaikutusta kestoikään. Oleellista kuitenkin on, että inventointiin ei jää väli vuosia, koska ne tuhoavat täysin tämän tyyppisten mallien käyttömahdollisuudet. Öljysorasteiden luotettavampi mallintaminen tulee mahdolliseksi vasta useamman lisäinventointivuoden havaintojen ollessa käytettävissä.

Vauriosummamalli, ab-tiet (lipaisu-arvo 5)
 Vaurioitumistodennäköisyys eri sääalueilla
 (Kuormituskertaluku = 135000, kantavuus = 370)

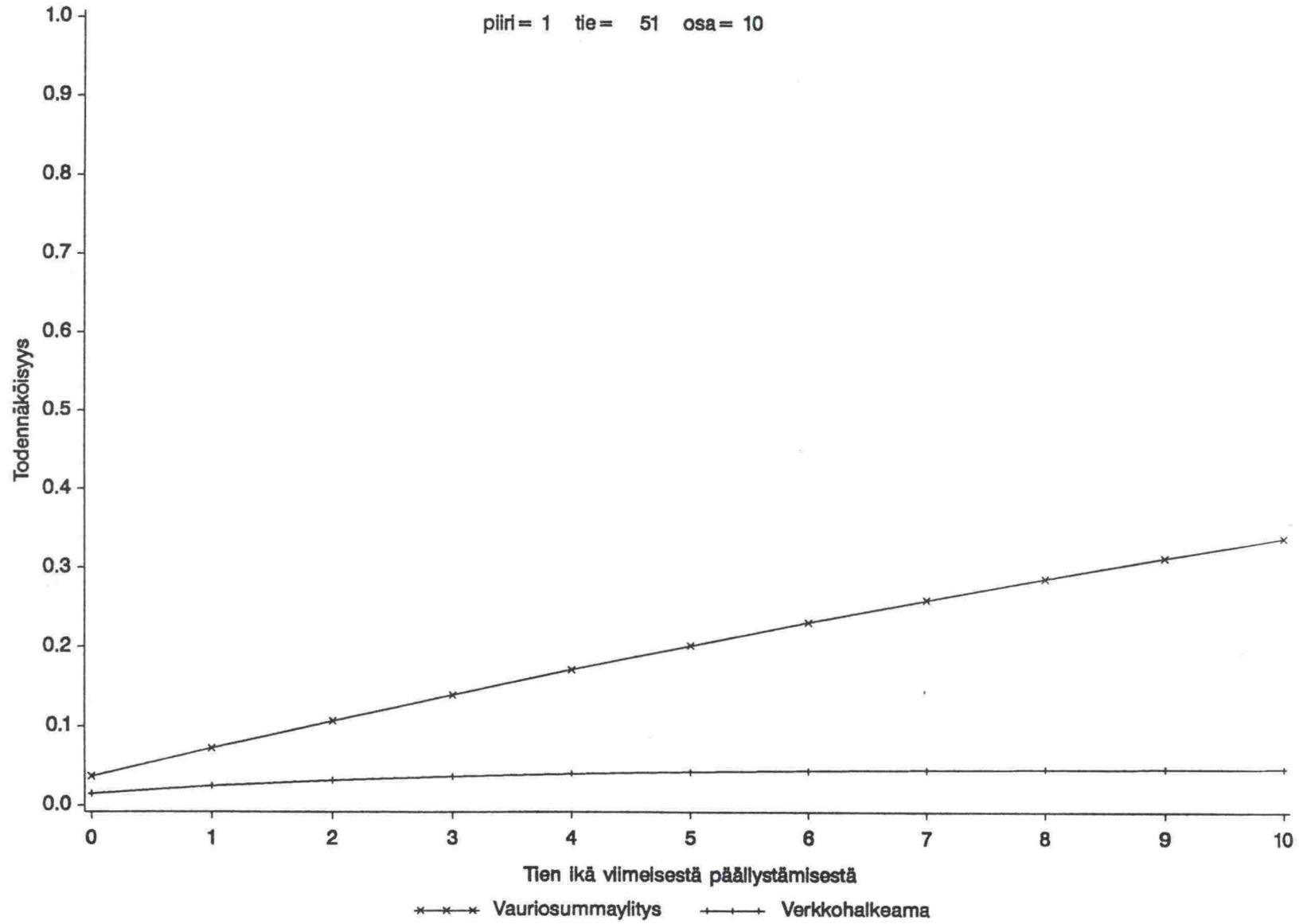


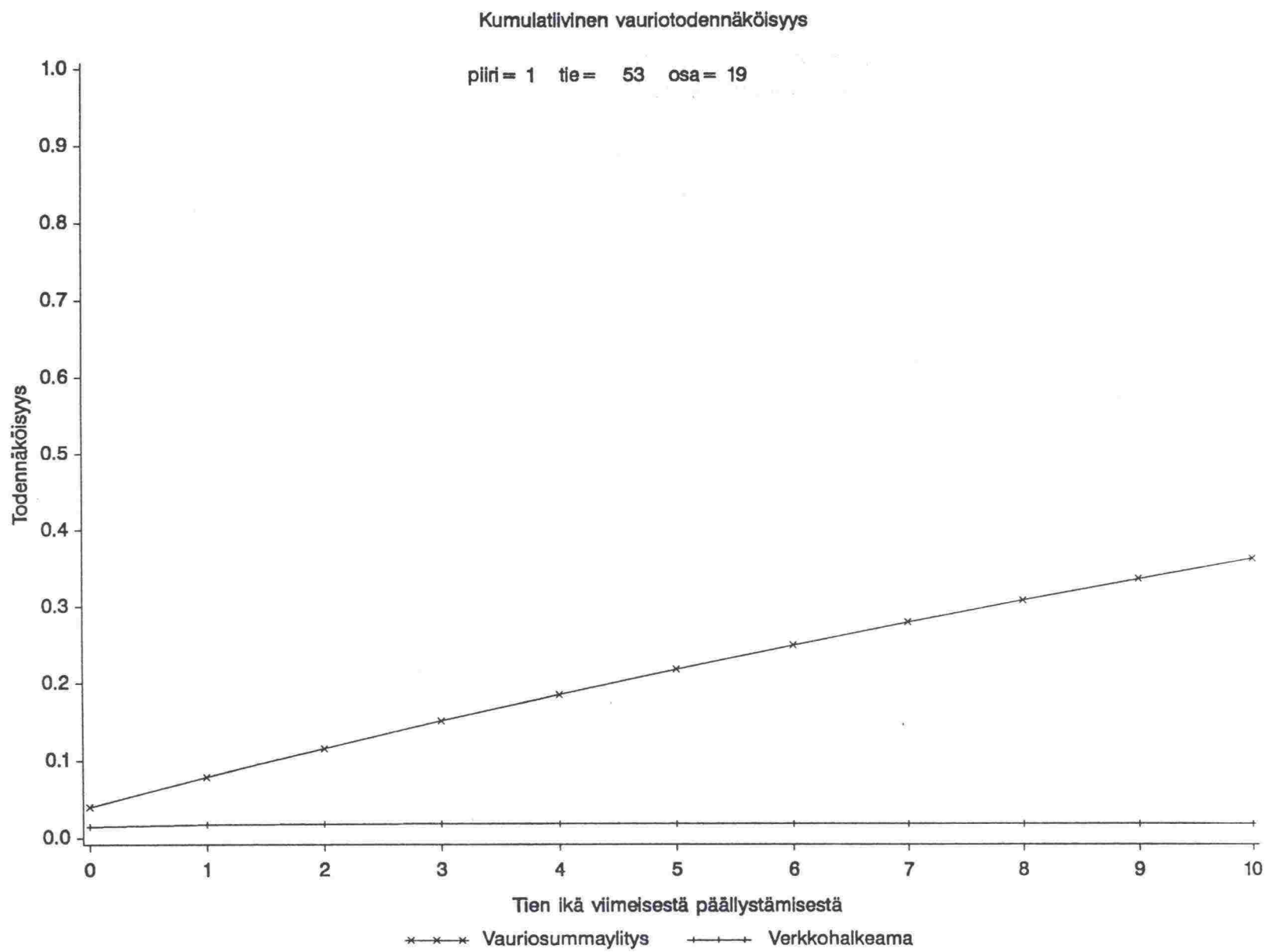
Vauriosummamalli, ab-tiet (liipaisuarvo 5)
 Vaurioitumistodennäköisyys eri sääalueilla
 (Kuormituskertaluku = 135000, kantavuus = 370)



Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

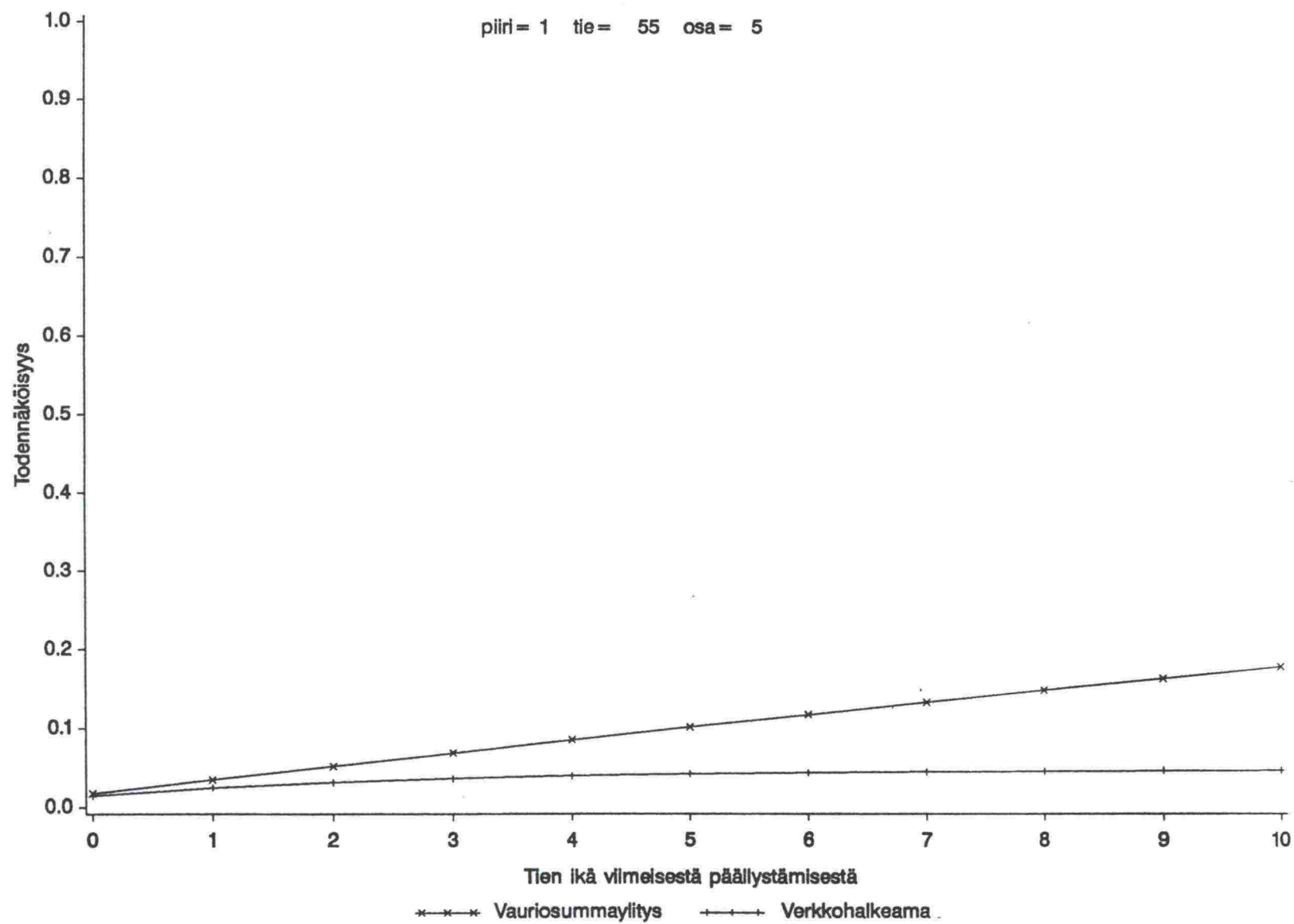
piiri = 1 tie = 51 osa = 10

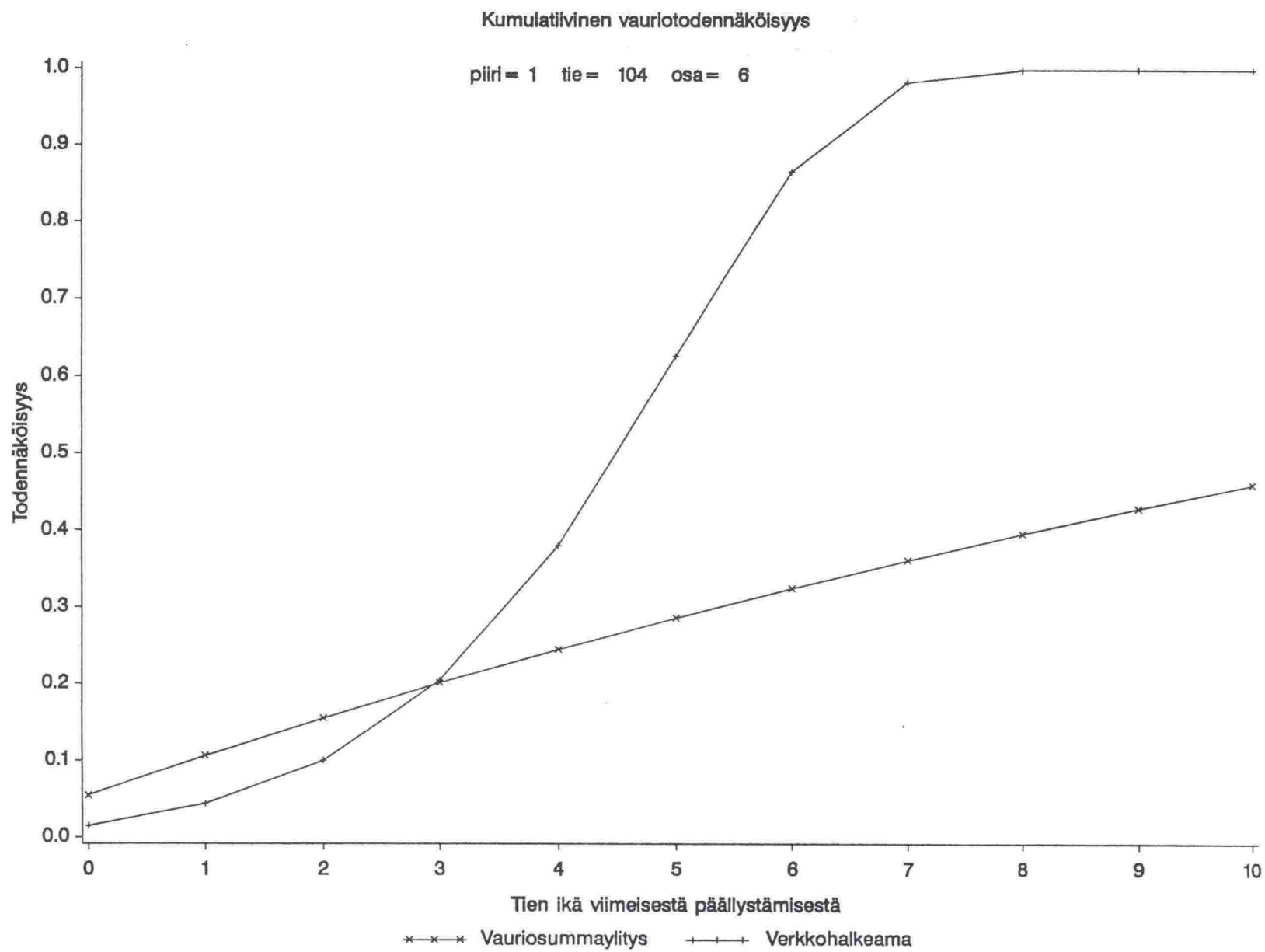




Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

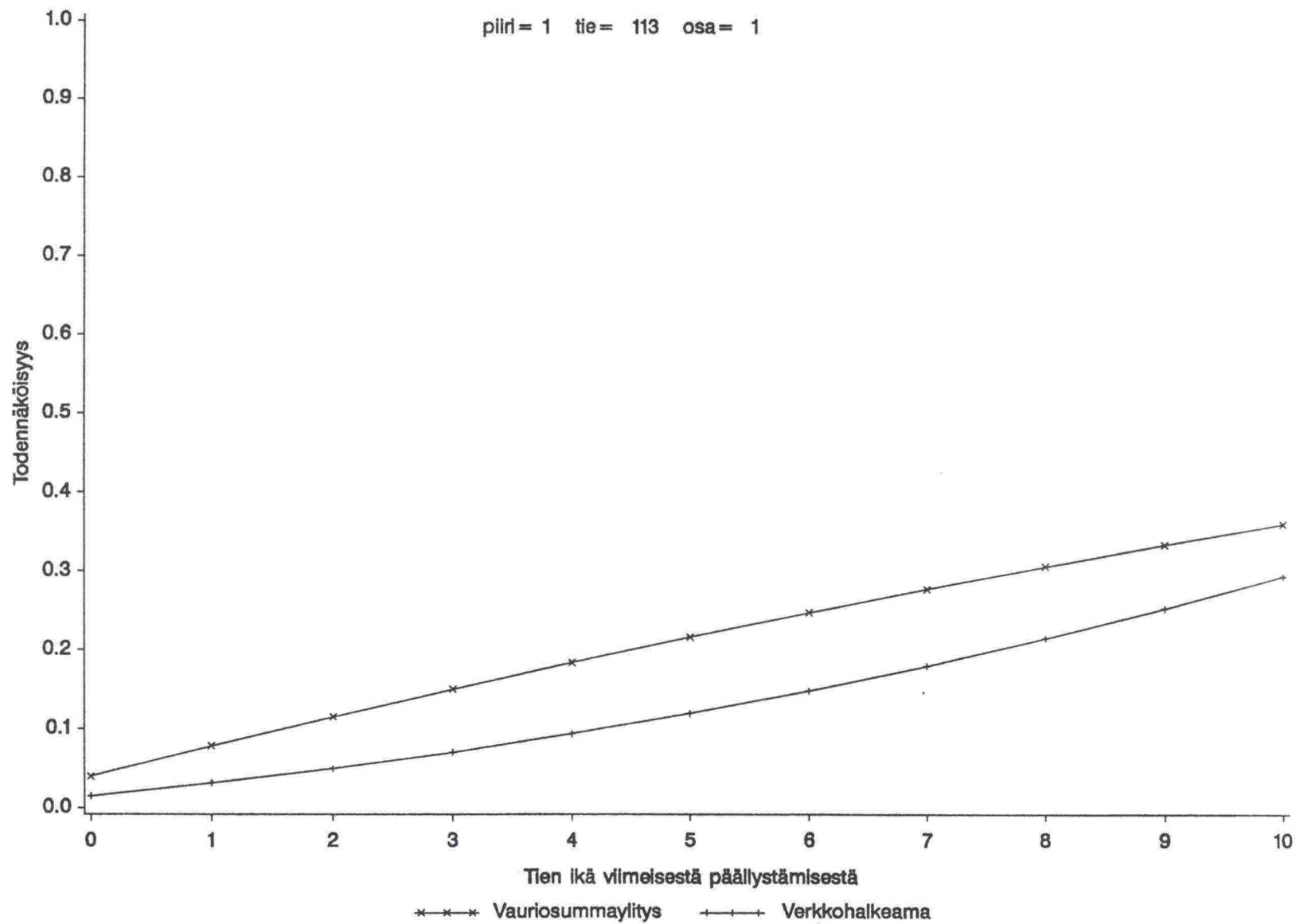
piiri = 1 tie = 55 osa = 5

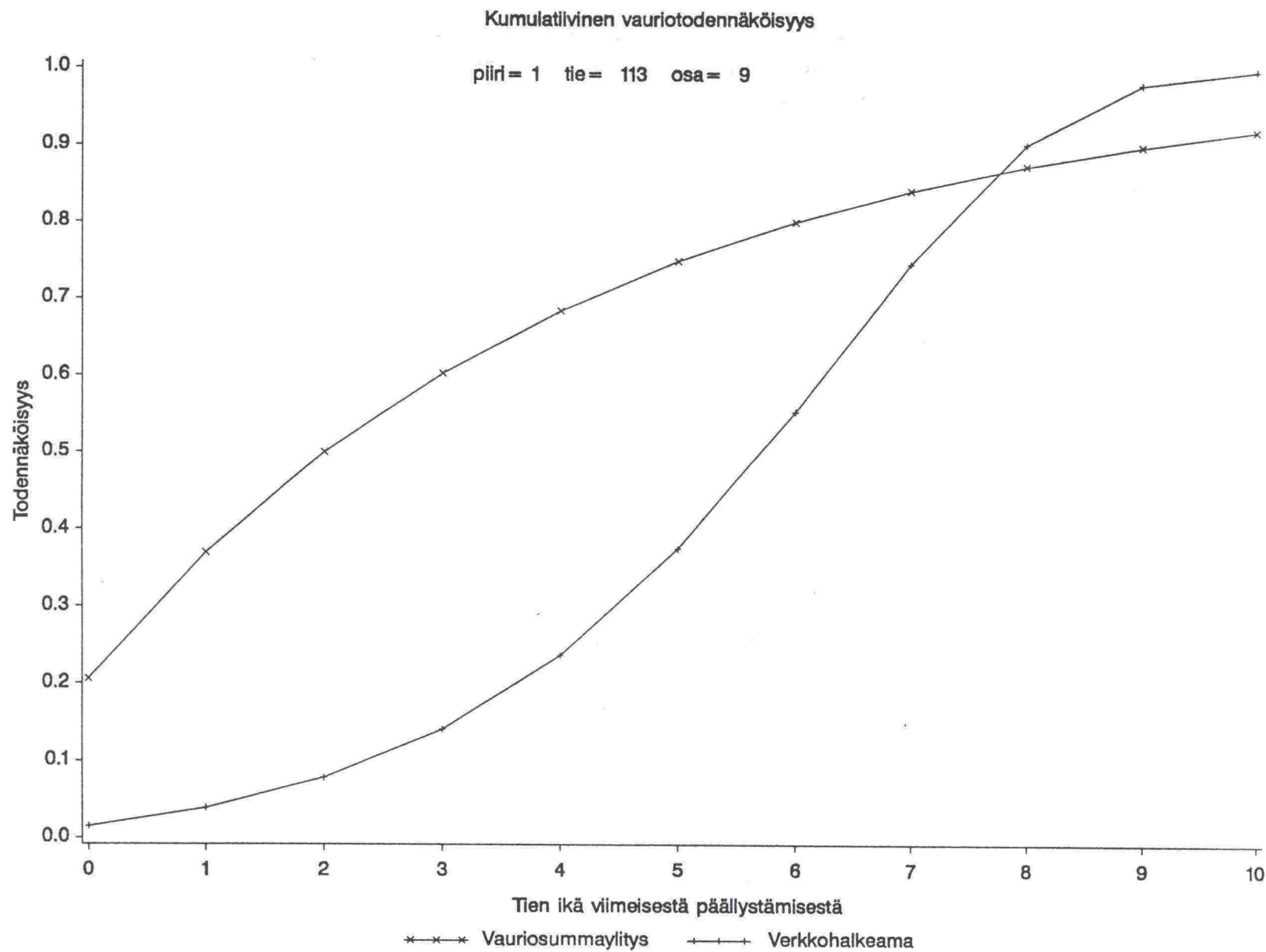




Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

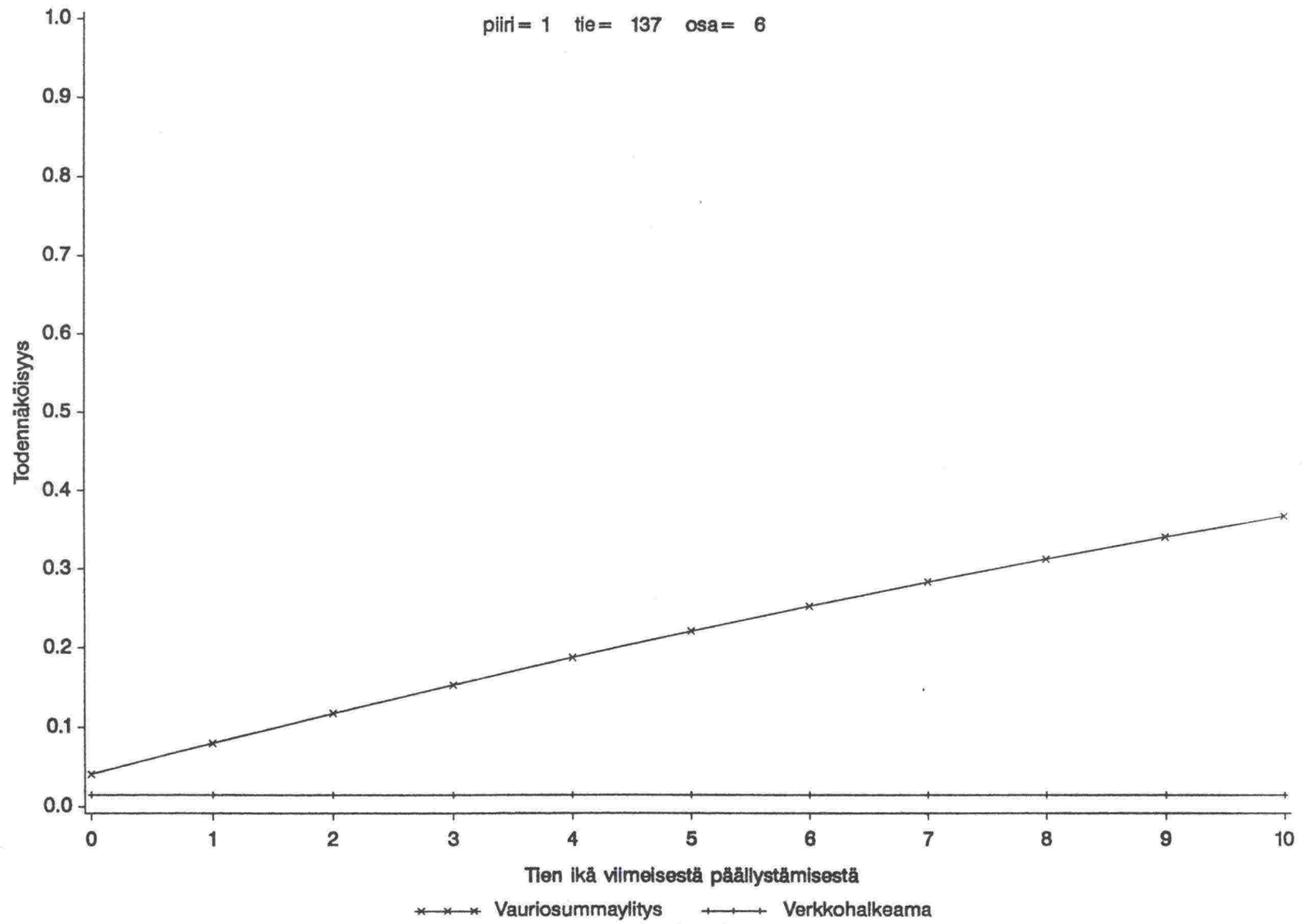
piiri = 1 tie = 113 osa = 1

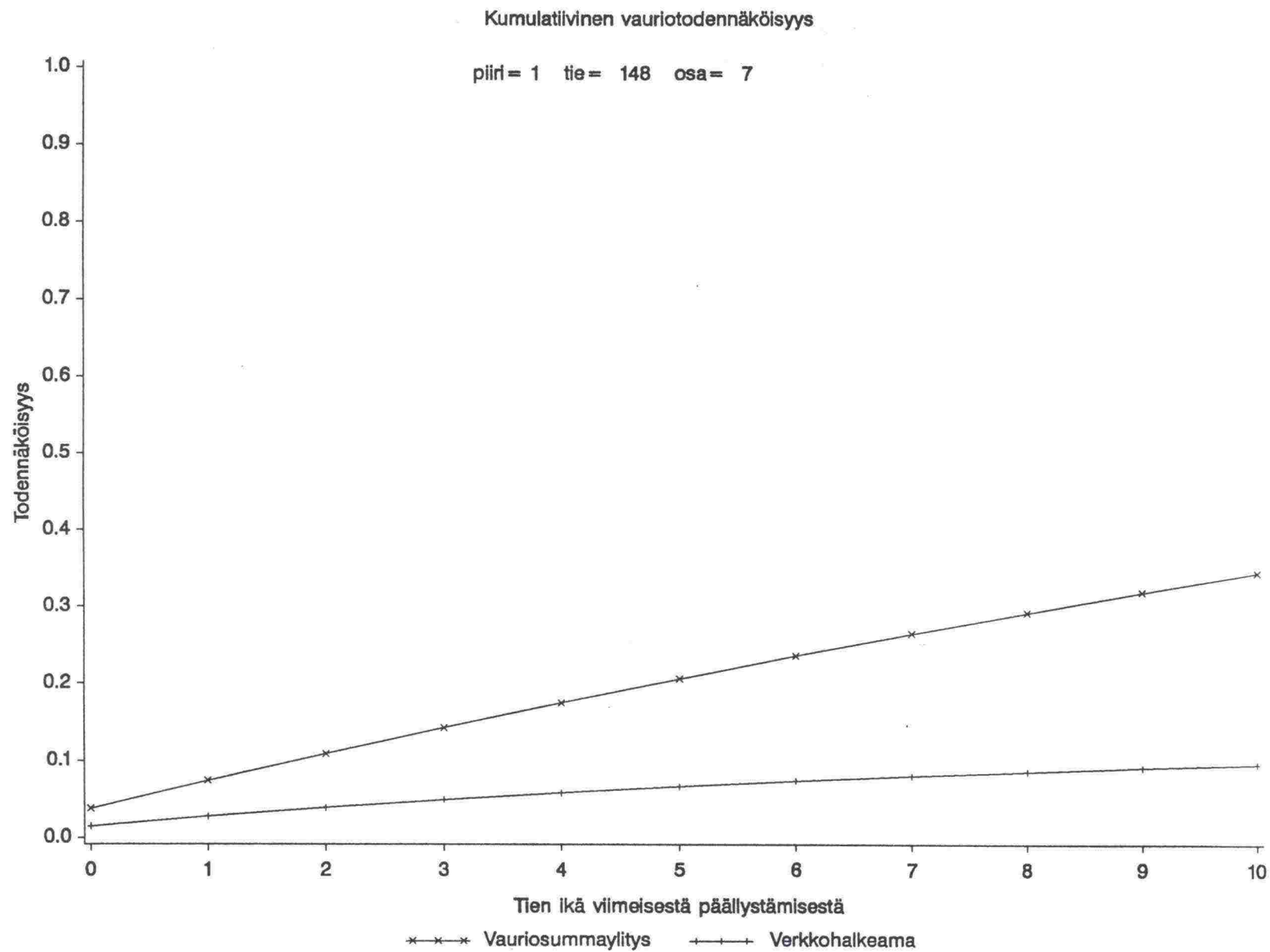




Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

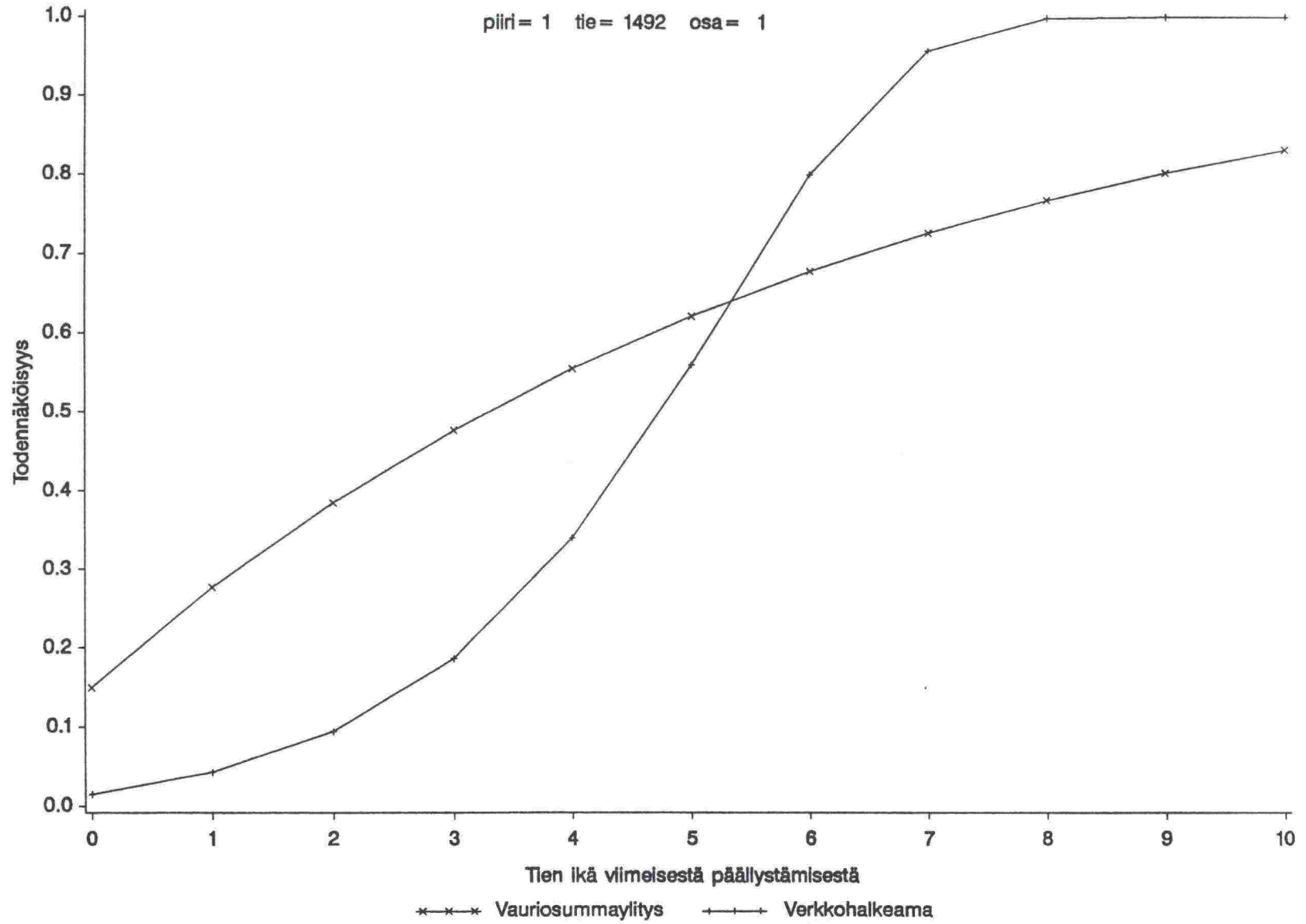
piiri= 1 tie= 137 osa= 6

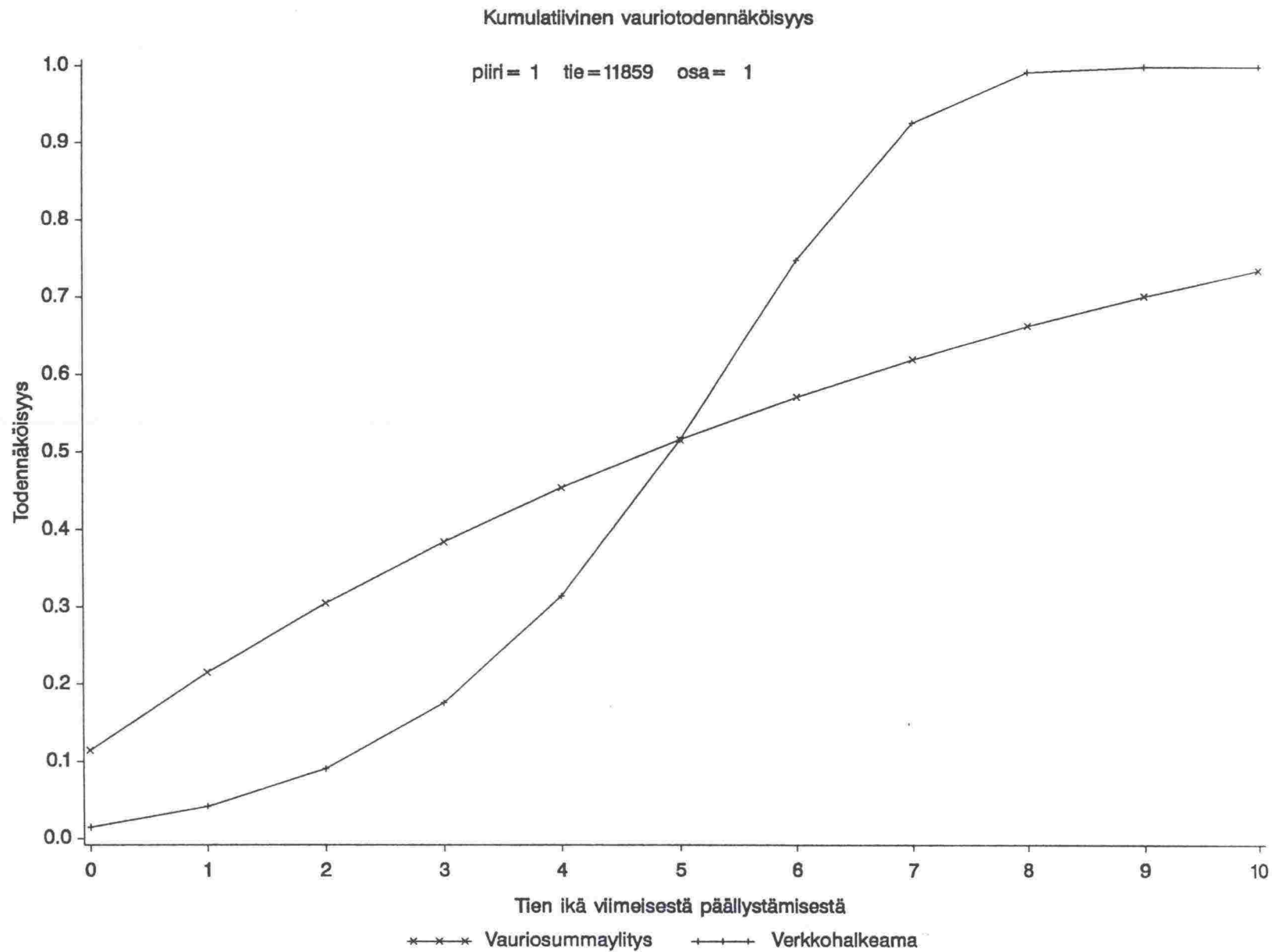




Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

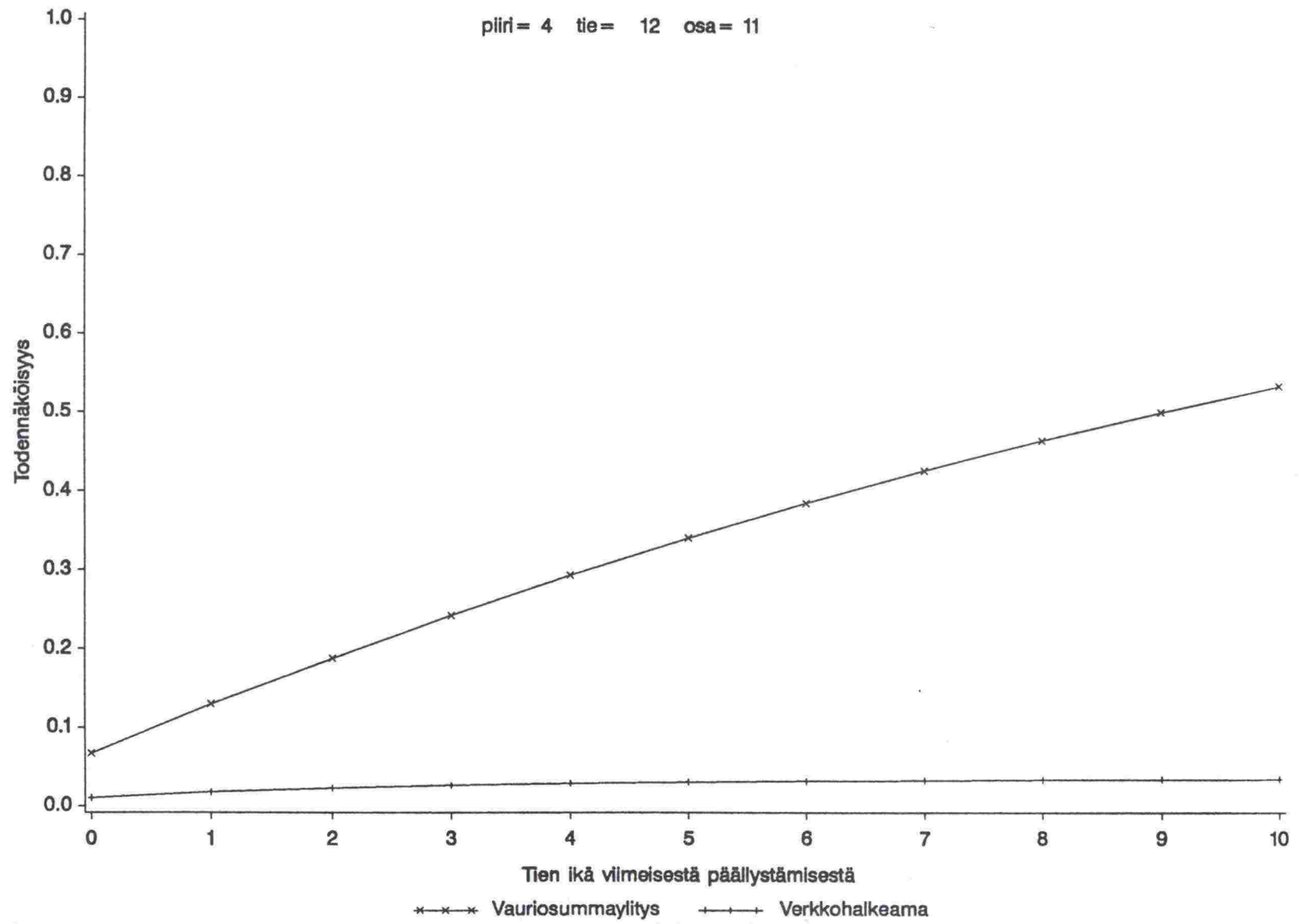
piiri = 1 tie = 1492 osa = 1





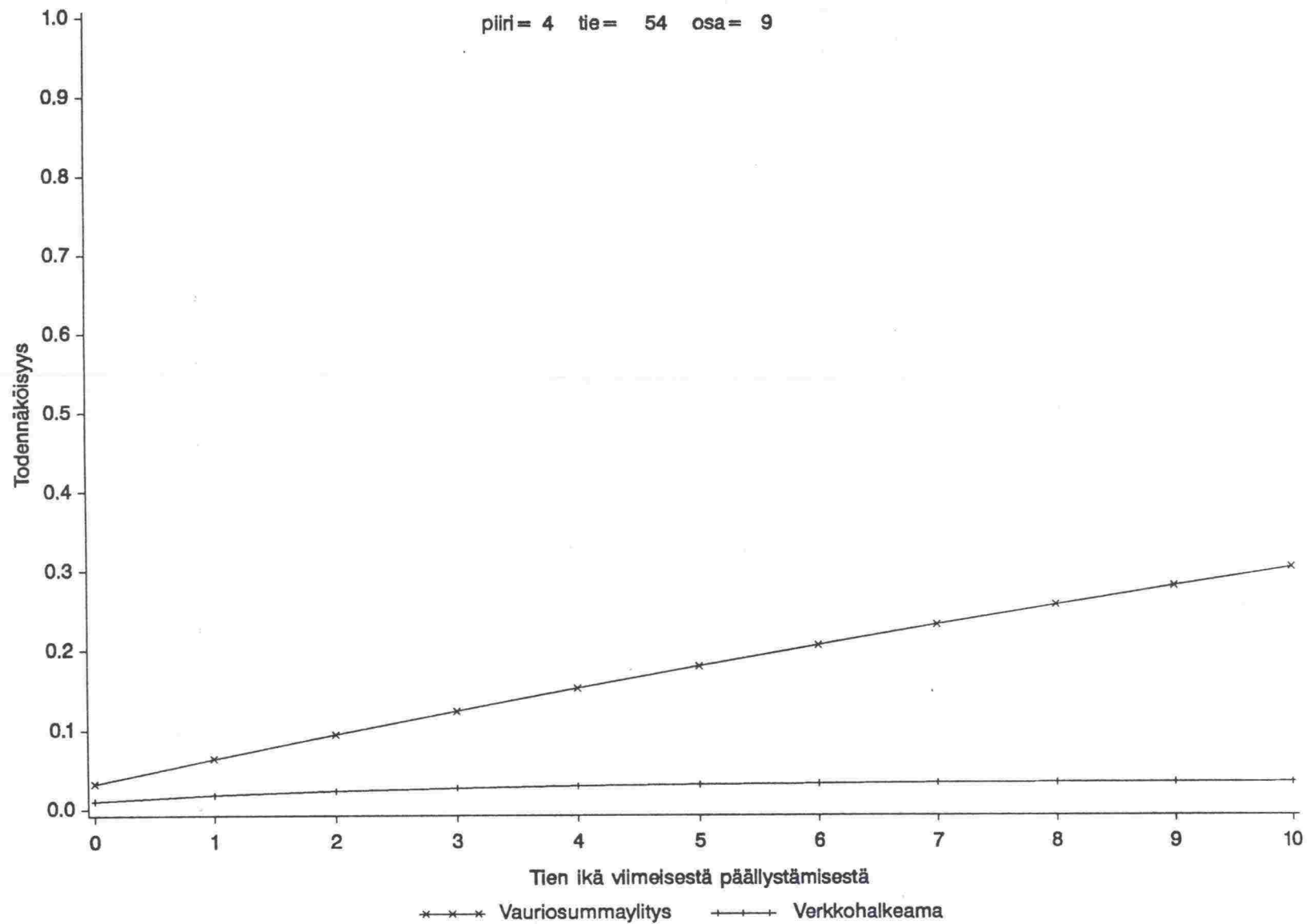
Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

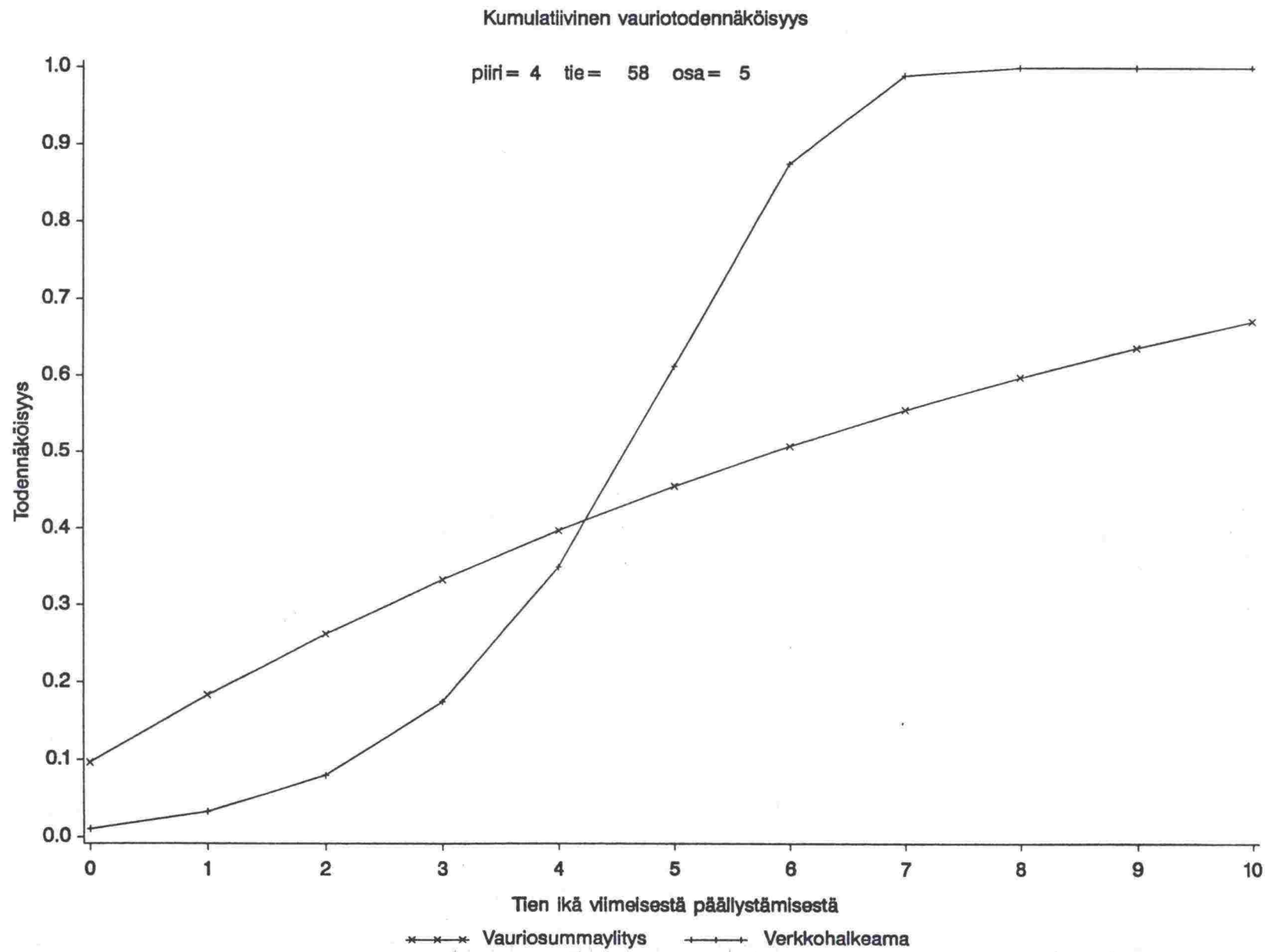
piiri = 4 tie = 12 osa = 11

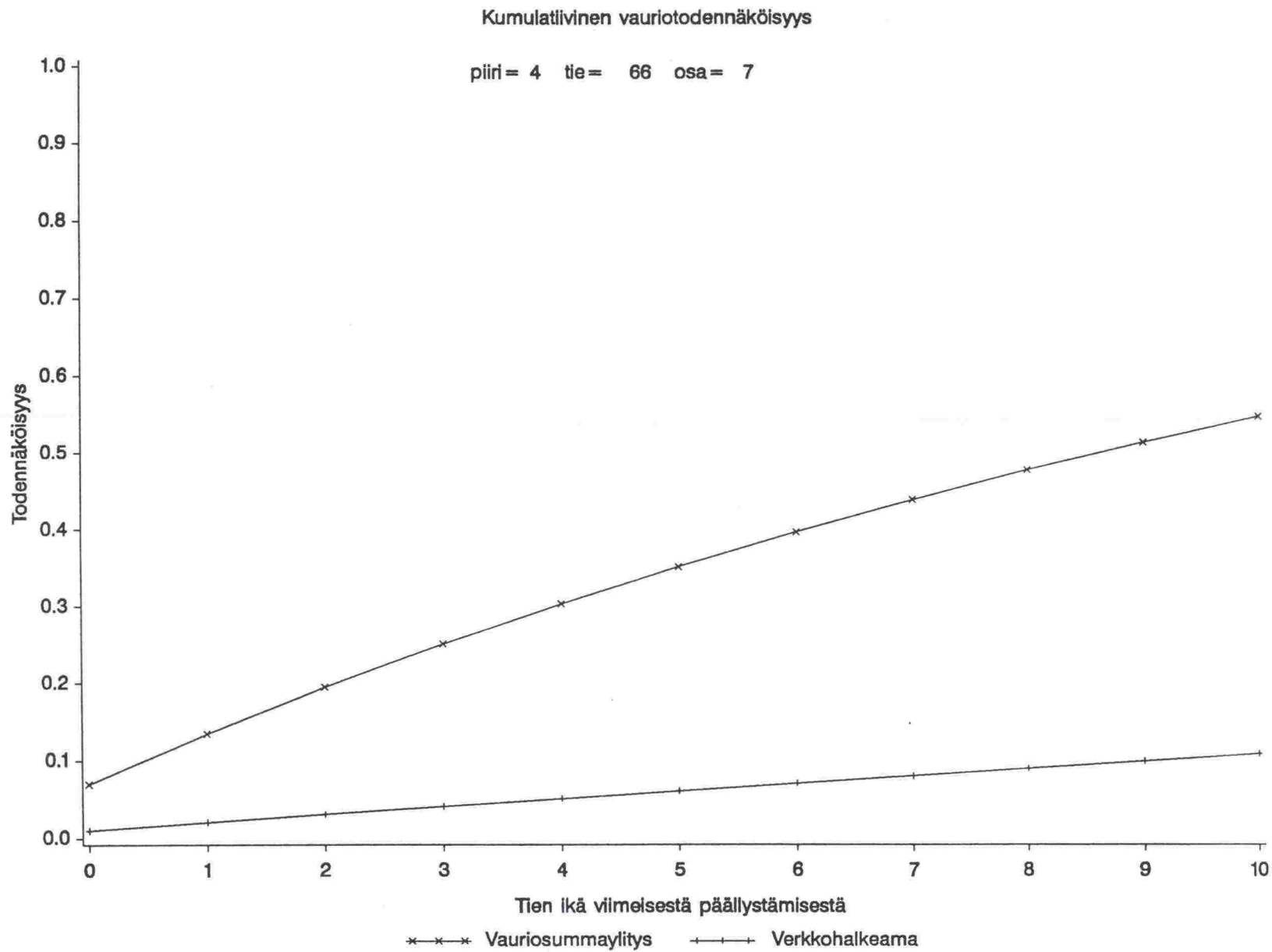


Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

piiri = 4 tie = 54 osa = 9

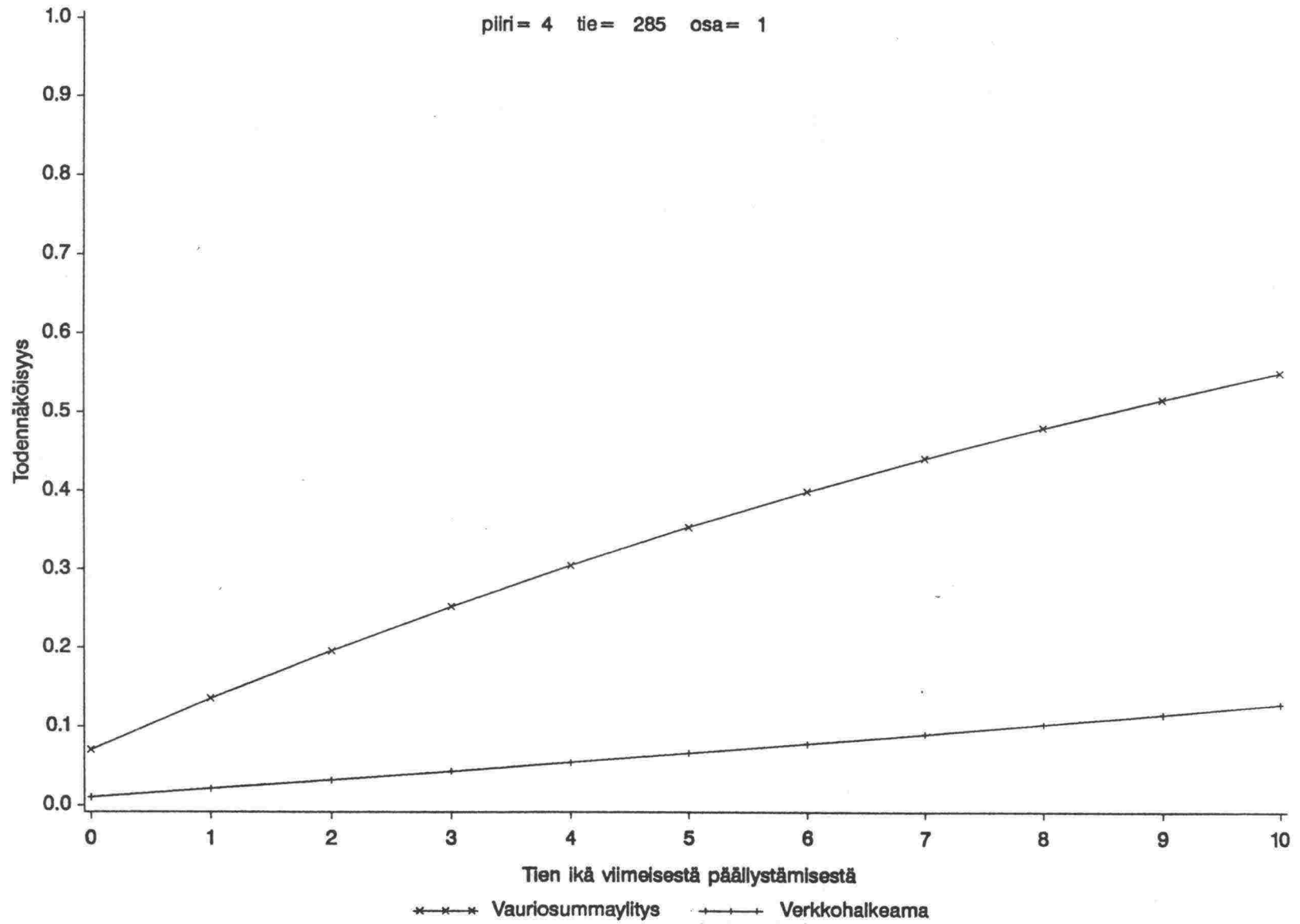


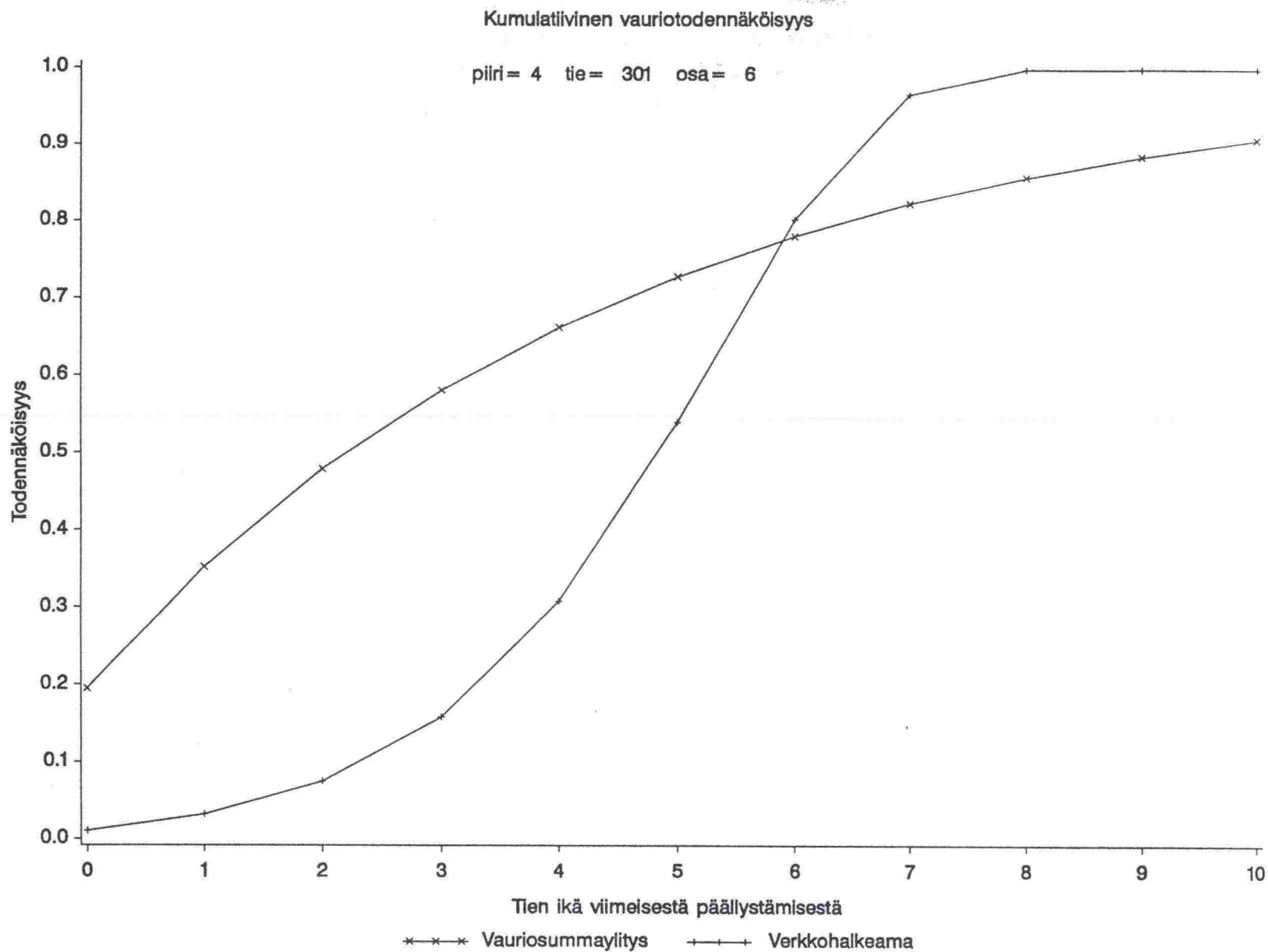




Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

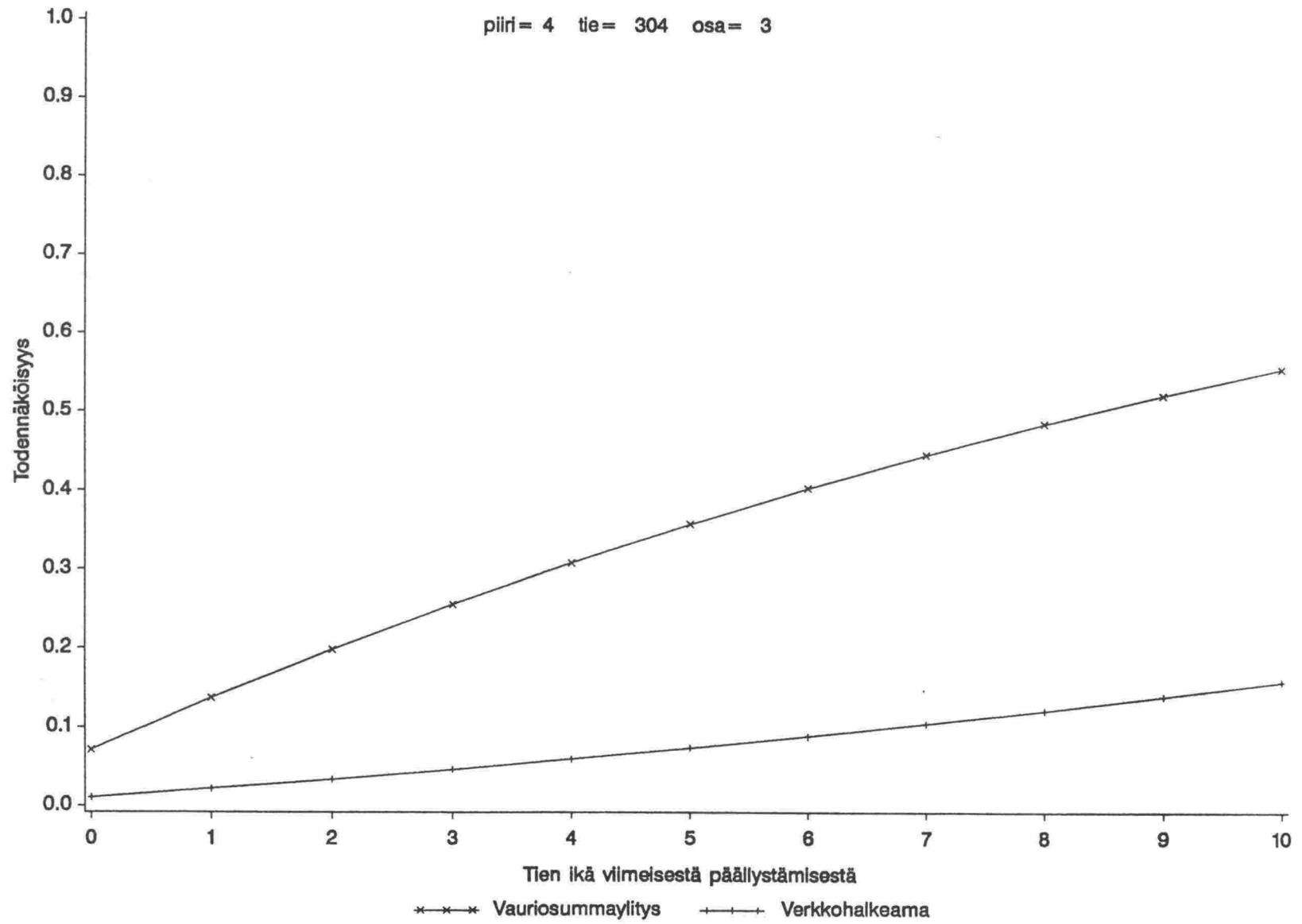
piiri = 4 tie = 285 osa = 1





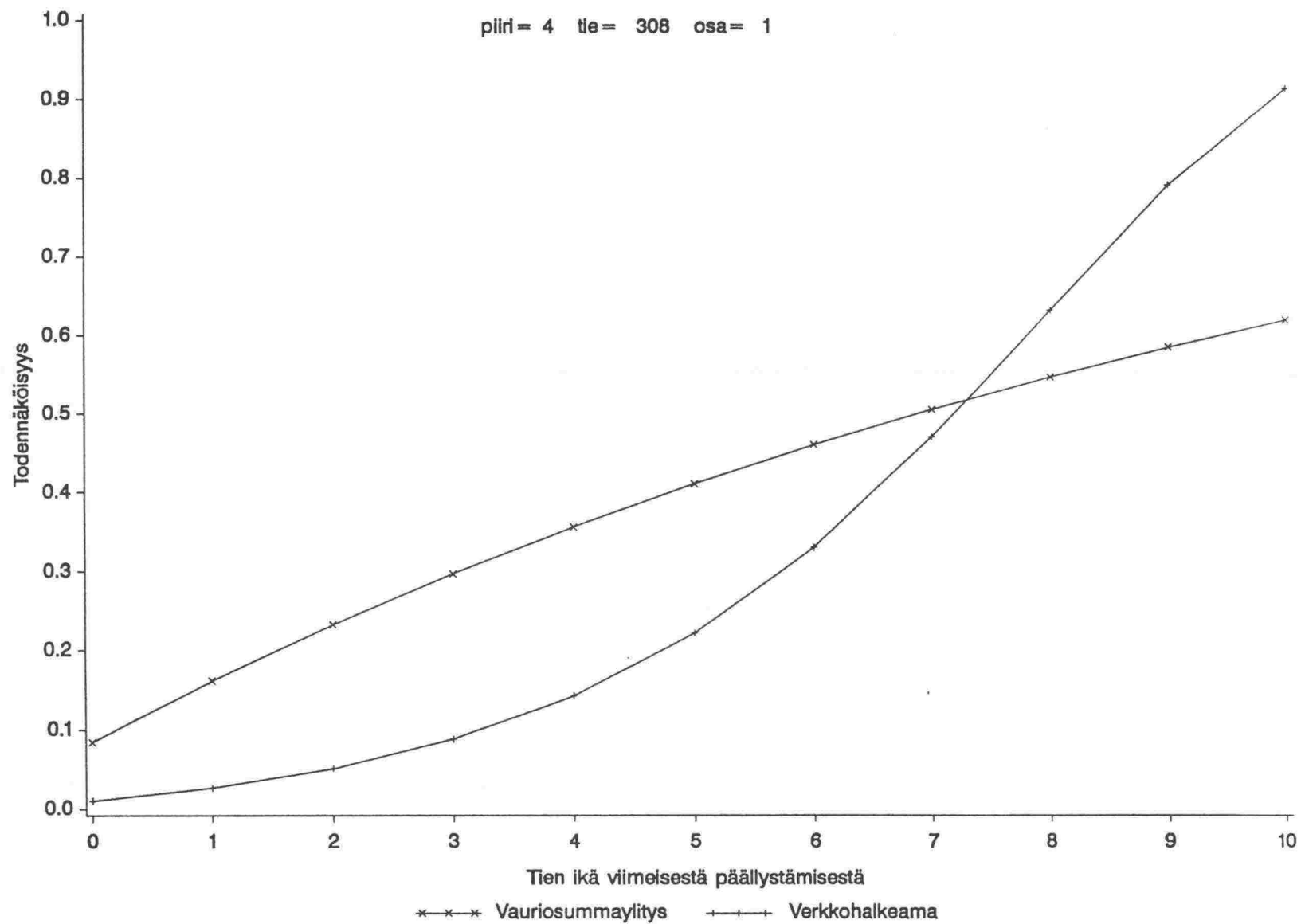
Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

piiri = 4 tie = 304 osa = 3



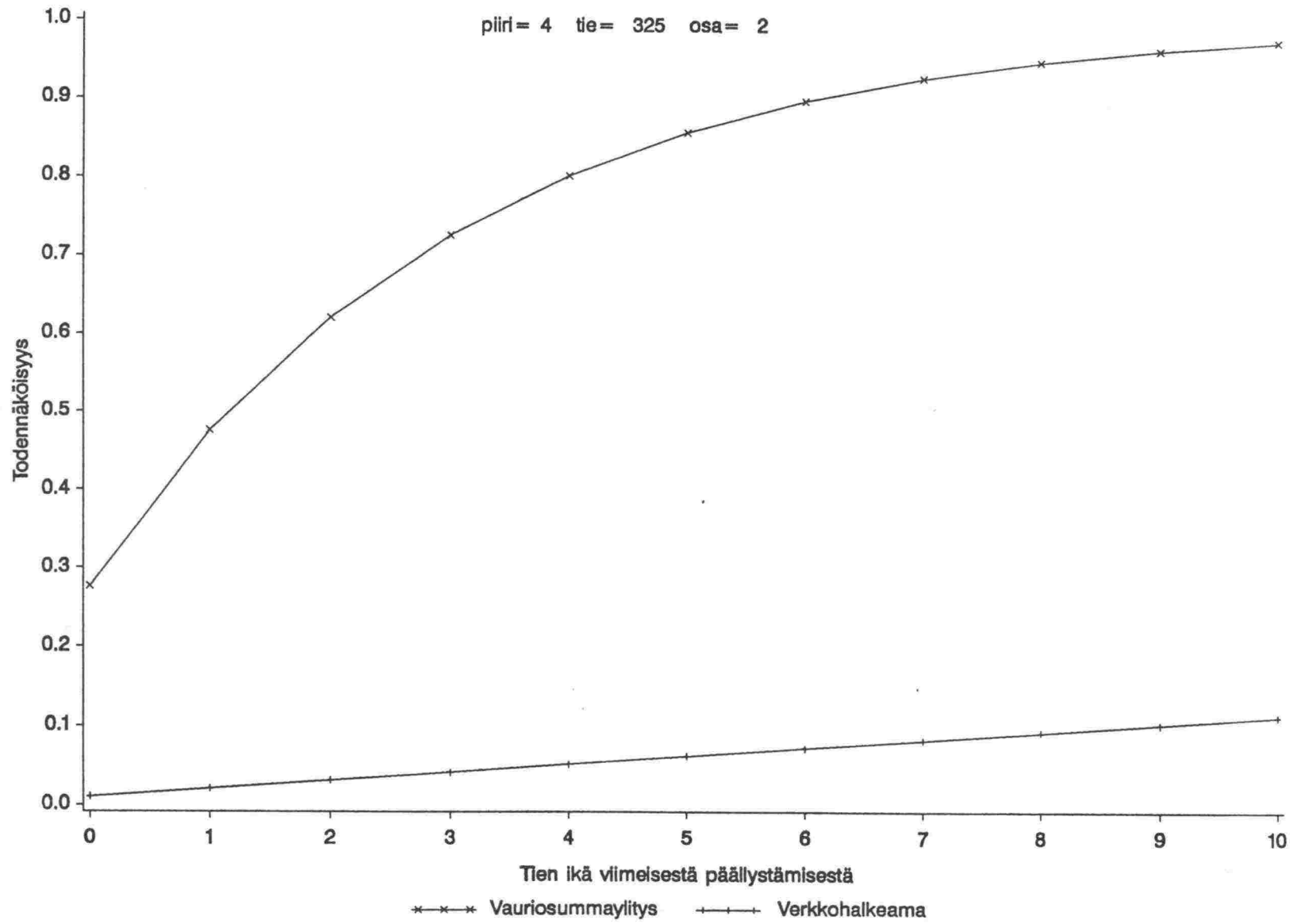
Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

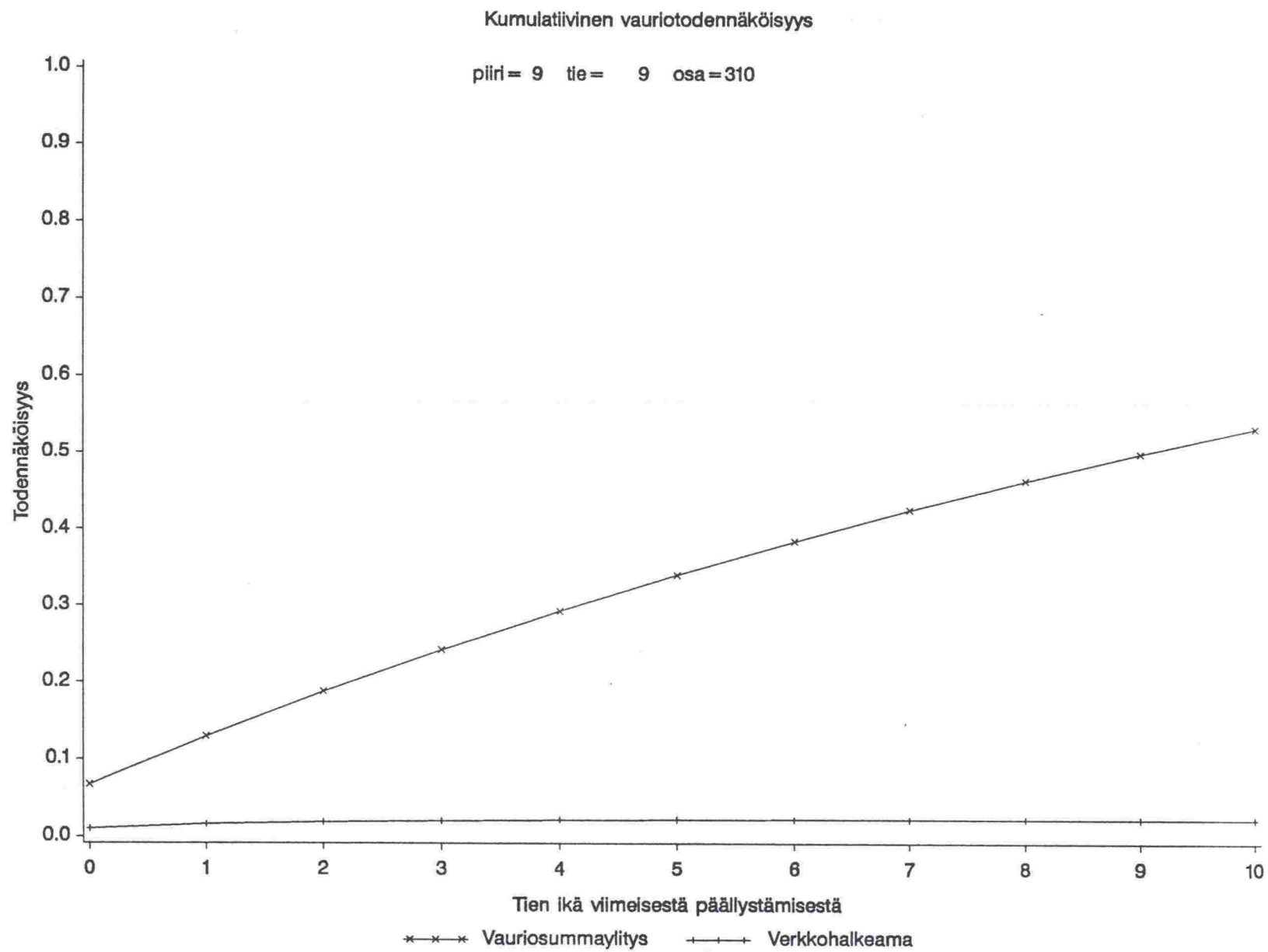
piiri = 4 tie = 308 osa = 1



Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

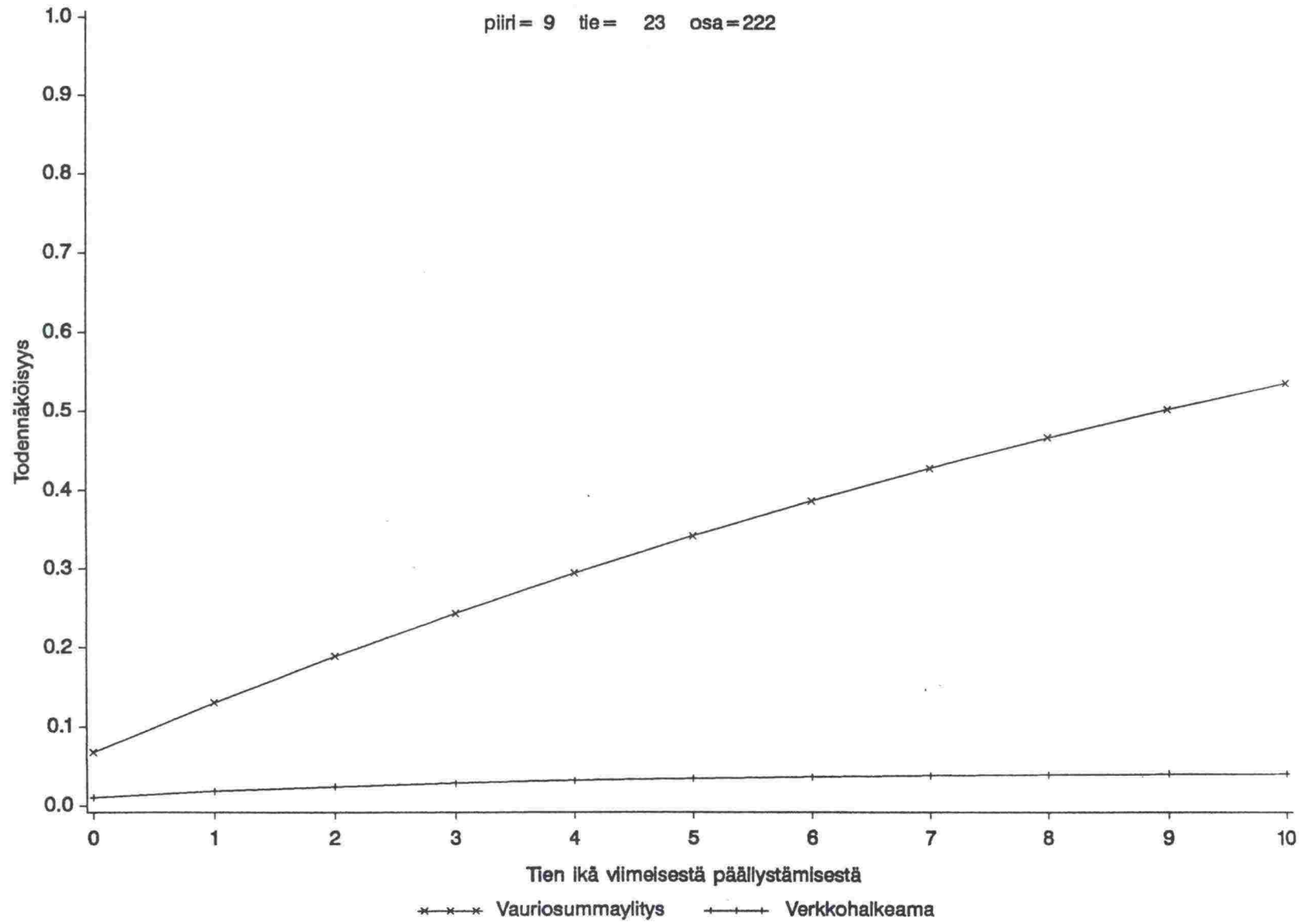
piiri= 4 tie= 325 osa= 2

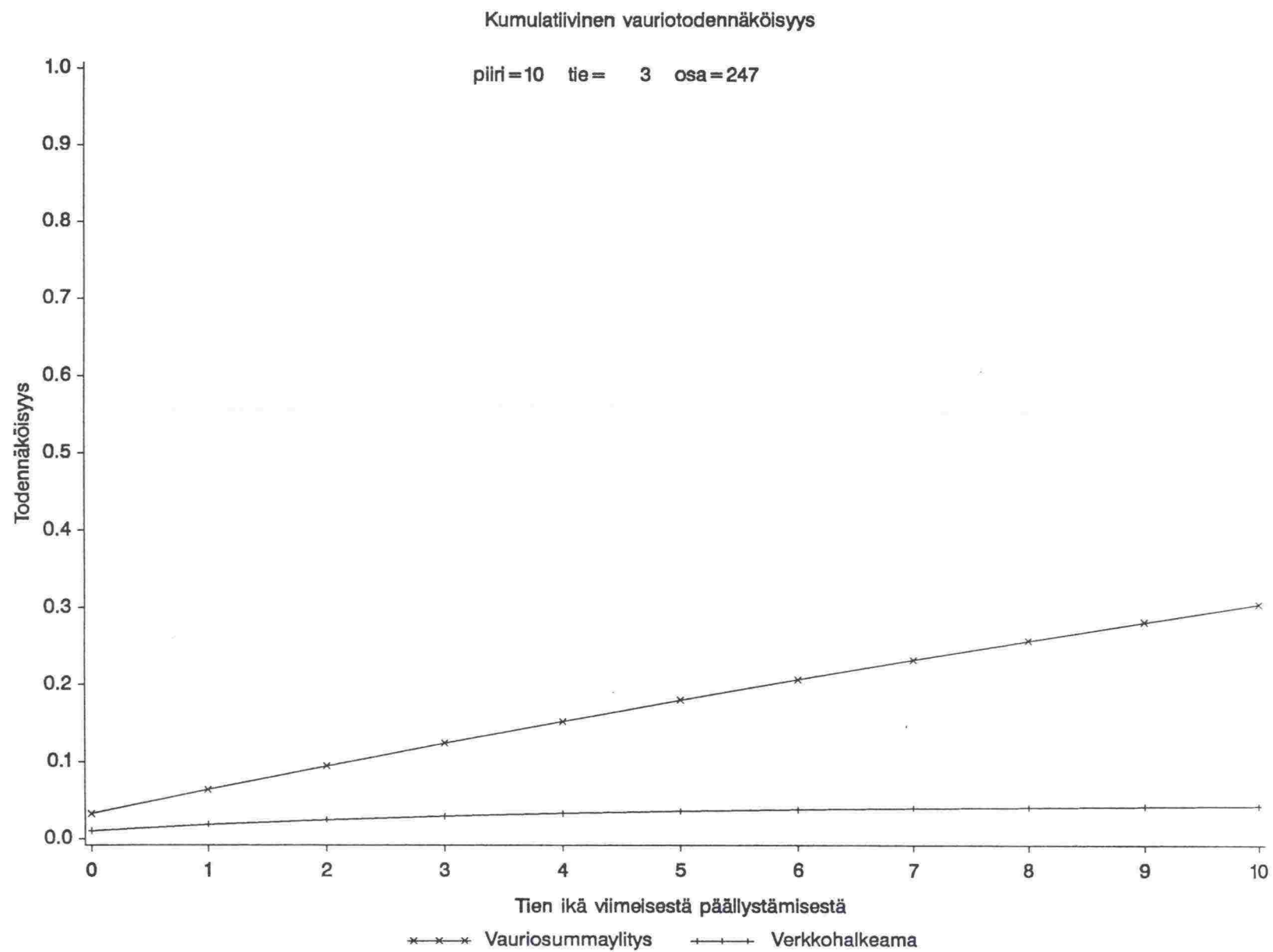




Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

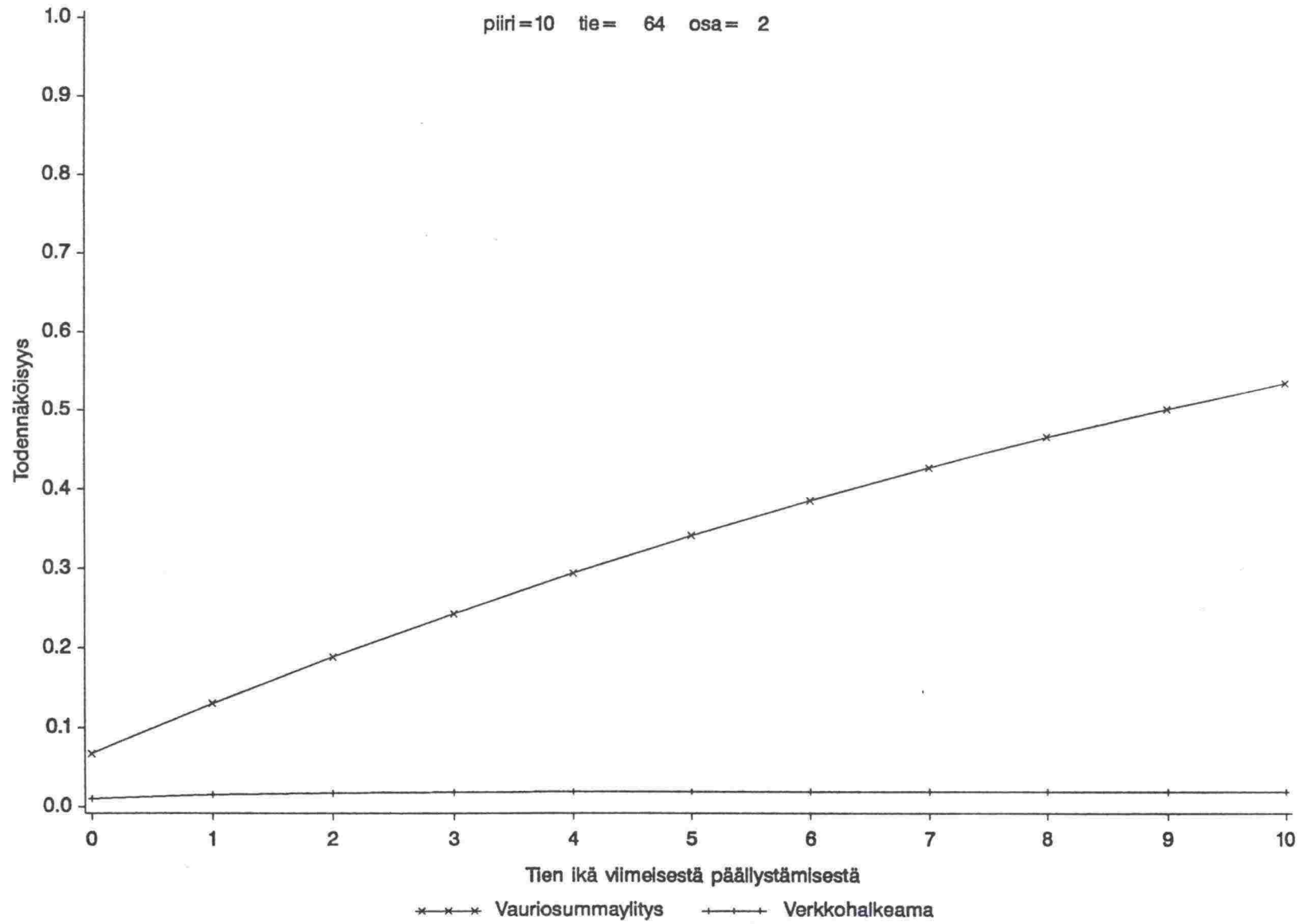
piiri = 9 tie = 23 osa = 222

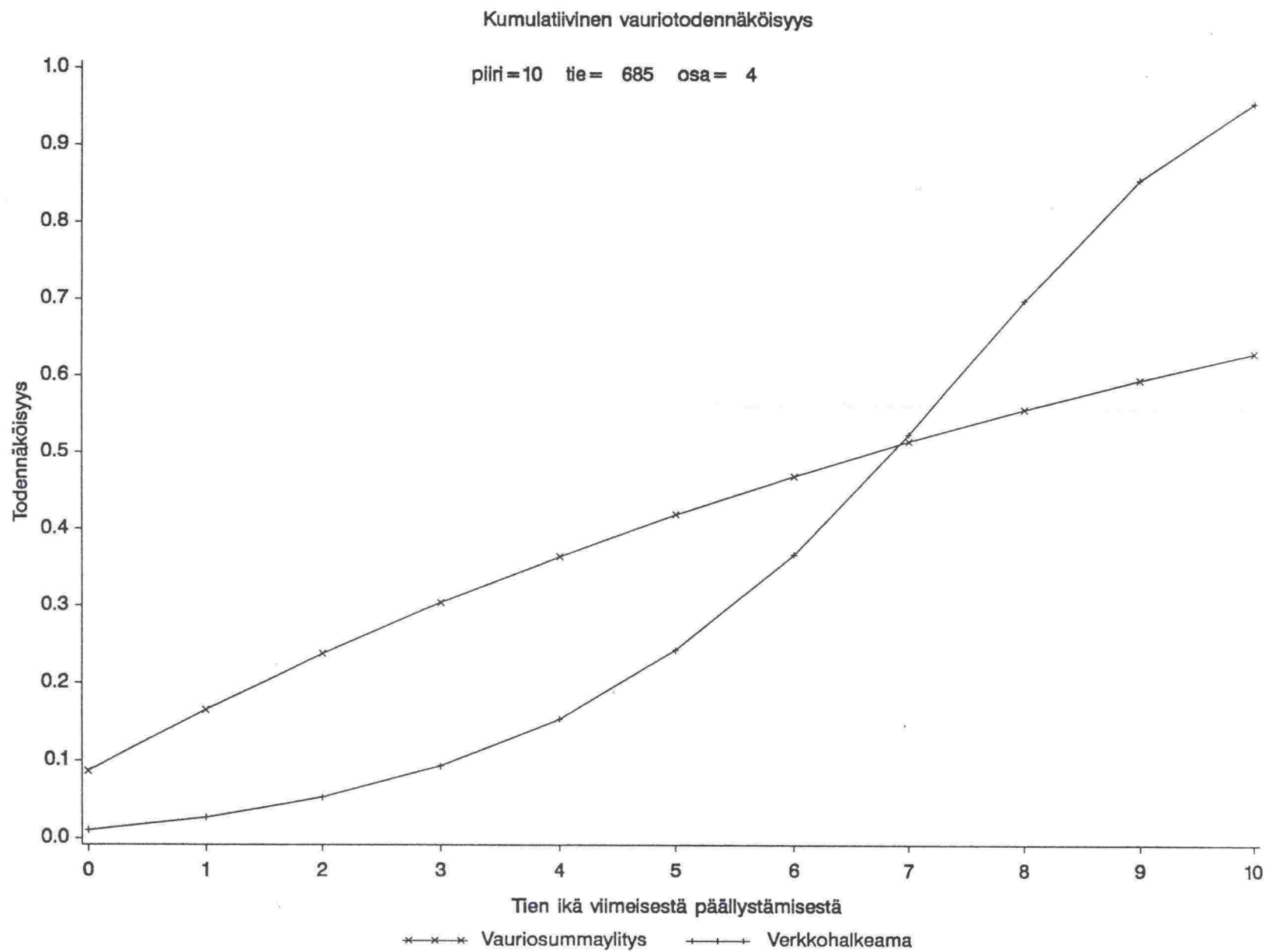




Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

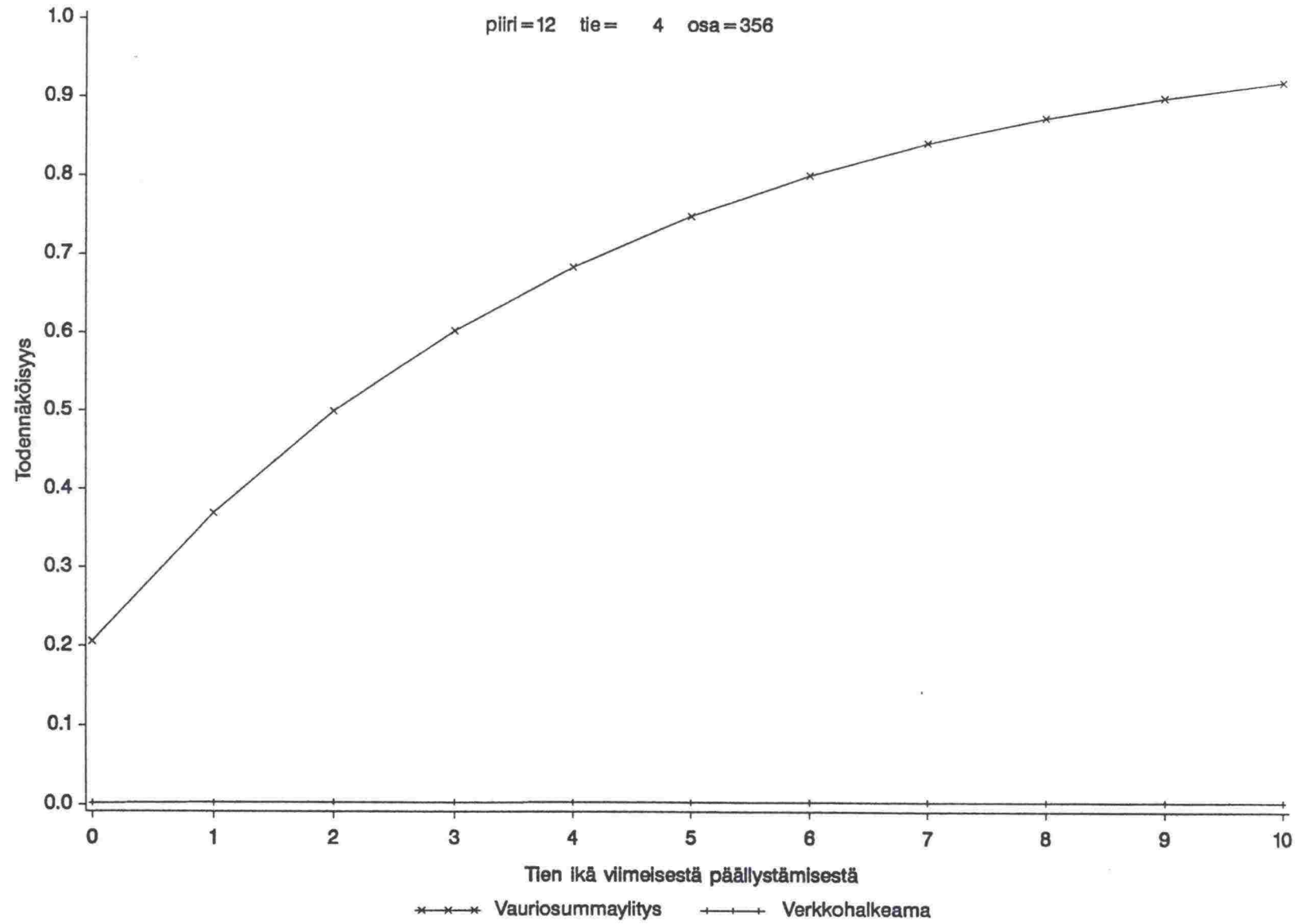
piiri=10 tie= 64 osa= 2

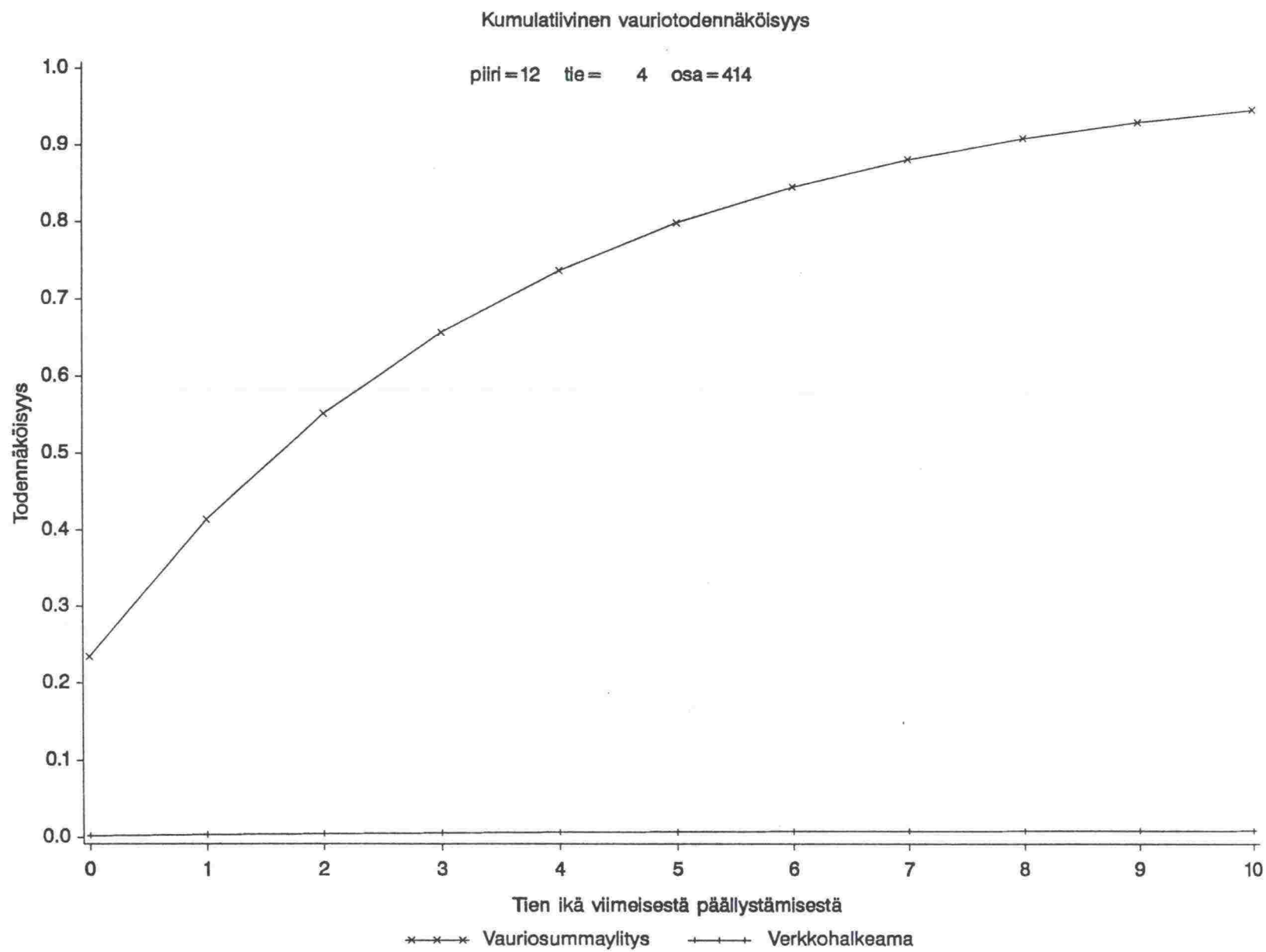




Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

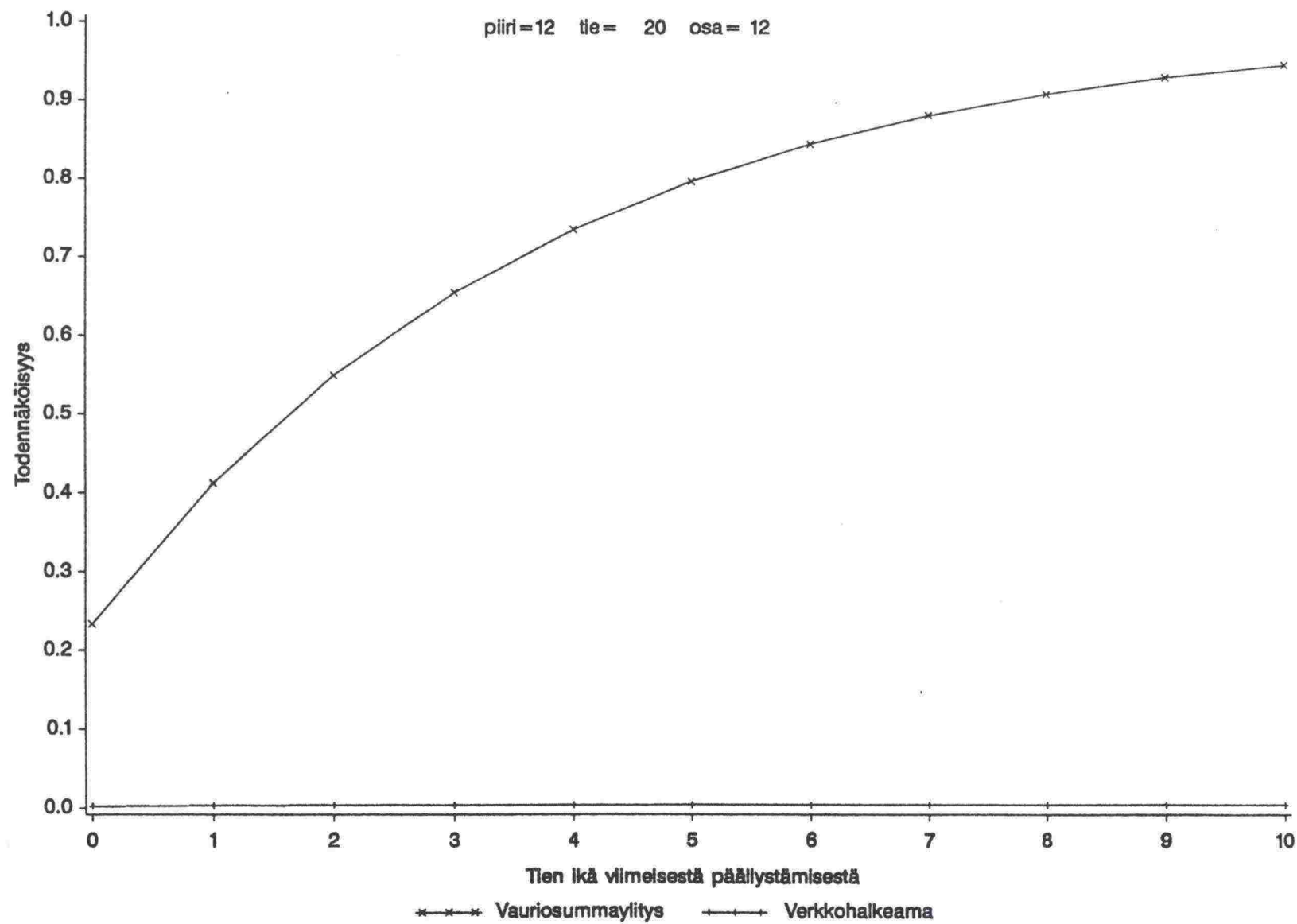
piiri = 12 tie = 4 osa = 356

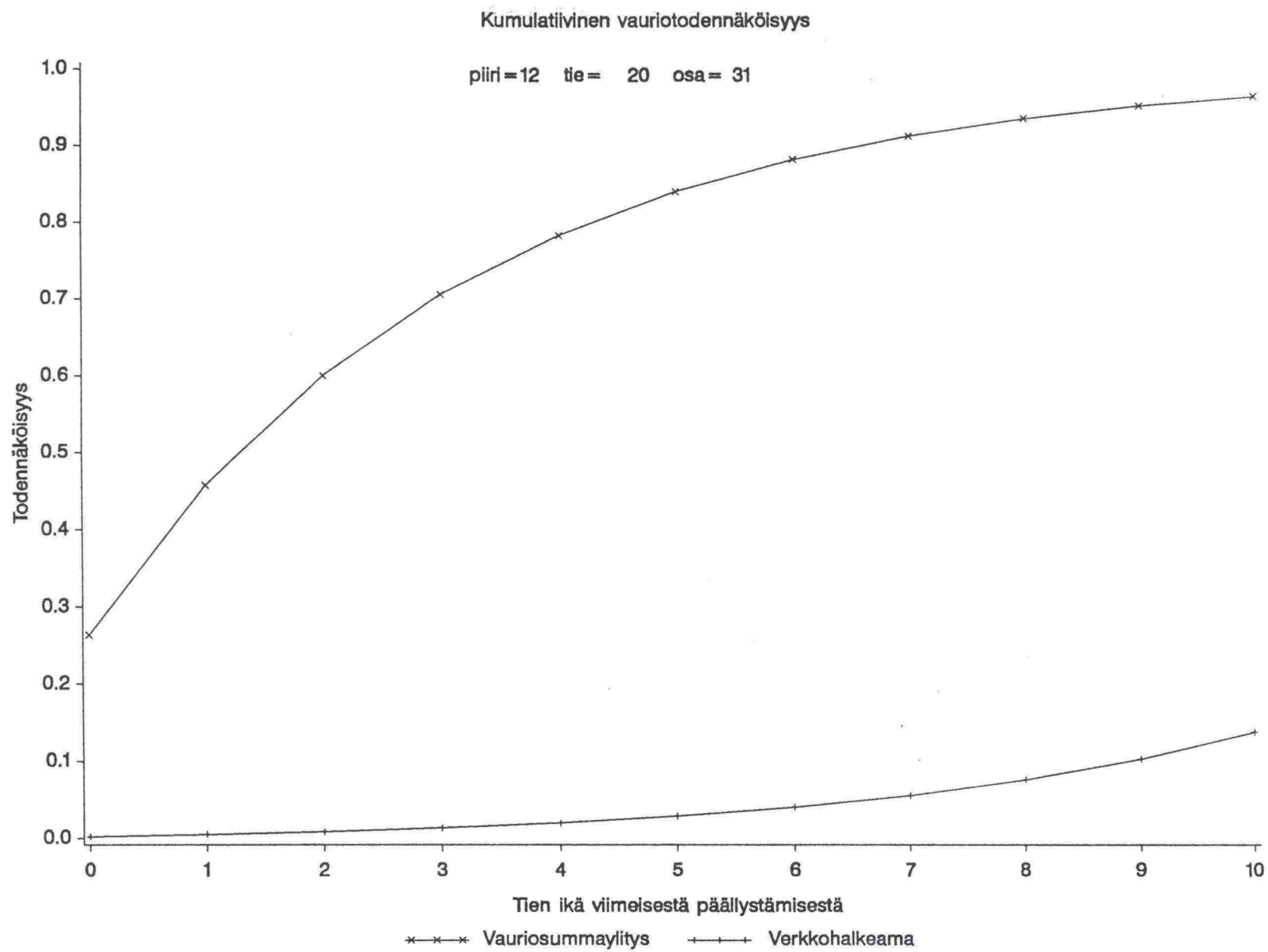




Kumulatiivinen vauriotodennäköisyys

piiri=12 tie= 20 osa= 12





TIEHALLITUKSEN SISÄISIÄ JULKAISUJA

- 1/1991 Kerrosten laatuvirheiden esto. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 5/1991 Massanvaihdon korvaaminen moreenitukiseinällä. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 6/1991 Havupuuhaake pengertäytteenä. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 13/1991 Tieverkkojen asentaminen, käytännön ohjeita. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 15/1991 Vairioinventoinnin tulosten käsittelyohjelmistot, lomake, mittari ja siirto. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 16/1991 Asfalttimassan suhteitus Marshal-menetelmän mukaan. Geopalvelukeskus
- 17/1991 Murskeen muodonmuutosominaisuudet tien rakennekerroksissa. Geopalvelukeskus
- 20/1991 Routavaurio- ja kuivatustutkimus; Kalliokohdetutkimus. TIEL 4000003
- 21/1991 Routavaurio- ja kuivatustutkimus; Pituushalkeamat osa I, Routanousun vaikutus halkeamatodennäköisyyteen. TIEL 4000004
- 22/1991 Routavaurio- ja kuivatustutkimus; Pituushalkeamat osa II, Tien rakenne- ja olosuhdetekijöiden vaikutus tien routanousuihin. TIEL 4000005
- 23/1991 Betonipäällysteen seuranta; Raportti suunnittelusta ja rakentamisesta. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 25/1991 Tiivistyskurssi; Maarakenteiden tiivistäminen. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 26/1991 Omajohtoisissa töissä käytetyn tiivistyskaluston nykytilaselvitys vuosilta 1987-90. Tampereen tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 27/1991 Sorateiden kelirikkovaurioiden korjaaminen, väliraportti I. Kuopion tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 32/1991 Moreenin käyttö tierakenteissa. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 20/1992 Vanhojen tienrakennekerrosten uudelleen käyttö. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 26/1992 Kalliomurskeiden käyttö sitomattomissa rakennekerroksissa, esiselvitys. Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 32/1992 Sorateiden kelirikkovaurioiden korjaaminen, väliraportti II; Prosessikipsin ja biotiitin materiaalitutkimukset. Kuopion tuotantotekninen kehitysyksikkö
- 34/1992 Routavaurio- ja kuivatustutkimus; Pituushalkeamat osa III, Elävät pituushalkeamat ja niiden syntymistodennäköisyys routivassa tierakenteessa. TIEL 4000017
- 35/1992 Routavaurio- ja kuivatustutkimus; Kuivatustutkimus osa I sekä roudan syvyys-havainnot. TIEL 4000018
- 42/1992 Pehmeikölle perustettavan tiepenkereen geotekniset laskelmat. Geopalvelukeskus
- 43/1992 Pehmeikölle rakennettavien tieleikkausten geotekniset laskelmat. Geopalvelukeskus
- 44/1992 Saven varaan perustetut alikulkukäytävät. Geopalvelukeskus
- 45/1992 Tielaitoksen pudotuspainolaitteiden vertailu; Saarijärvi 8 - 9.7.1992. TIEL 4000023

TIELAITOKSEN SISÄISIÄ JULKAISUJA

- 10/1993 Päällistetyin tieverkon kuntomittaukset ja hallintajärjestelmät. Tuotannon palvelukeskus

TIELAITOKSEN TUTKIMUKSIA

- 3/1992 Viipurin batoliitin eri rapakivityyppien soveltuvuus tienpäälyste-
kiviaineeksi. TIEL 3100004
- 4/1992 Tiepenkereen holvautuminen, loppuraportti. TIEL 3100005

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 2/1990 Liuskapystyjojakenttien toiminnasta. TIEL 703344
- 3/1990 Tiepenkereen holvautuminen; teoreettinen osa. TIEL 703343
- 18/1991 Pohjaveden suojaus maatiivisteellä tien luiskassa. TIEL 3200017
- 24/1991 Teiden kantavuusvaihtelut 1987-89. TIEL 3200023
- 25/1991 Tiepenkereen kantavuusvaihtelu ja laskennalliset kantavuudet.
TIEL 3200024
- 1/1992 Pystyjojanauhojen laatuvaatimukset; laadunvalvonta ja testaus-
menetelmät. TIEL 3200057
- 31/1992 Pohjaveden maatiivistesuojan tiivistäminen. TIEL 3200086
- 46/1992 Syvästabiloinnin laadunvalvontaohje. TIEL 3200099
- 62/1992 Hienoaineksen vaikutus stabiloidun moreenimurskeen pakkas-
kestävyyteen. TIEL 3200112
- 68/1992 Tien pohja- ja päällysrakenteet -tutkimusohjelma (TPPT),
perussuunnitelma. TIEL 3200118
- 69/1992 Rakennettujen ja perusparannettujen teiden tasaisuus.
TIEL 3200119
- 78/1992 PTM-auton tuottamien tunnuslukujen käyttökelpoisuus ja vertailtavuus
sekä niiden yhteys laser-mittauksiin (IRI, IRI4, PI/laser). TIEL 3200134
- 1/1993 Arktinen tienrakentaminen. TIEL 3200121
- 2/1993 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Massanvaihto. TIEL 3200127
- 8/1993 Sitomattoman kantavan kerroksen rakentaminen. TIEL 3200135
- 15/1993 Masuunikuonan käyttö sitomattomissa päällysrakennekeroissa.
TIEL 3200142
- 19/1993 Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus. TIEL 3200145
- 20/1993 Moreeni ja sen käyttö. TIEL 3200146
- 21/1993 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Pengerpaalutus. TIEL 3200147